



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

REVITALIZACE MALÉ VODNÍ NÁDRŽE V K. Ú. NÍHOV

REVITALIZATION OF A SMALL WATER RESERVOIR IN THE NÍHOV CADASTRAL AREA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Matoušek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Pavel Menšík, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	David Matoušek
Název	Revitalizace malé vodní nádrže v k. ú. Níhov
Vedoucí práce	Ing. Pavel Menšík, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Šálek, J., Mika, Z., Tresová, A. - Rybníky a účelové nádrže, SNTL 1989
2. Vrána, K. - Rybníky a účelové nádrže, ČVUT 2002
3. Vrána, K. - Rybníky a účelové nádrže, příklady, ČVUT 2002
4. Doležal, P. Projekt vodního hospodářství krajiny – studijní opora. Brno: VUT v Brně, 2006. 143 s.
5. ČSN 75 2410. Malé vodní nádrže. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
6. Odborná literatura související s problematikou malých vodních nádrží
7. Průzkum lokality

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Student v bakalářské práci provede zjednodušený návrh revitalizace malé vodní nádrže v k. ú. Níhov. Revitalizovaná vodní plocha bude plnit estetickou funkci, zlepšovat mikroklima a vlhkostní poměry v obci Níhov.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Pavel Menšík, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce „Revitalizace malé vodní nádrže v k. ú. Níhov“ má snahu seznámit čtenáře s malou vodní nádrží jako významným krajinným prvkem, který má podíl nejenom na tvorbě ekologické stability, ale i na zlepšení mikroklima, kvality vody v povodí, zásob podzemní vody. Formálně je práce rozdělena na dvě části. V první, teoretické části se snaží formou rešerše o nastínění problematiky malých vodních nádrží, tedy faktorech ovlivňující jejich stav, či o procesech v nich probíhajících. V druhé, praktické části, má na základě podrobným průzkumem zjištěných informací snahu, o vytvoření možných ideových návrhů řešení aktuálního nevyhovujícího stavu nádrže. Tyto návrhy byly zpracovávány ve spolupráci se zástupci obce Níhov.

KLÍČOVÁ SLOVA

malá vodní nádrž, rekonstrukce, revitalizace, eutrofizace, vodní eroze, ideový návrh malé vodní nádrže

ABSTRACT

Thesis has main goal to introduce the topic of small water reservoirs as an important regional element, which has added value to creation and sustaining of ecological stability, improvement local microclimate, the quality of water in catchment area and groundwater supply. Thesis is divided into two parts. In the first theoretical part thesis describes the topic of small water reservoirs and the key factors affecting their environmental state and their self-cleaning abilities. In the second practical part are created conceptual design of revitalization to solve the unsuitable state of water reservoir in Níhov.

KEYWORDS

small water reservoir, renovation, revitalization, eutrophication, water erosion, conceptual design of a small water reservoir

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

David Matoušek *Revitalizace malé vodní nádrže v k. ú. Níhov*. Brno, 2018. 76 s., 0 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Pavel Menšík, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Pavlu Menšíkovi, Ph.D. za trpělivé vedení v průběhu práce a za cenné rady, které mi během této bakalářské práce poskytl. Veliké díky patří mé rodině za její podporu, čas a pomoc.

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	CÍL PRÁCE.....	2
3	TEORETICKÁ ČÁST	3
3.1	Historie vodních nádrží.....	3
3.1.1	Historie výstavby rybníků a účelových nádrží ve světě	3
3.1.2	Historie vodních nádrží u nás	3
3.2	Rozdělení a funkce vodních nádrží.....	4
3.2.1	Malá vodní nádrž.....	4
3.2.2	Rozdělení MVN podle jejich účelu.....	5
3.2.3	Rozdělení podle polohy v krajině.....	8
3.2.4	Rozdělení podle způsobu zásobní vodou	8
3.3	Současné problémy malých vodních nádrží.....	9
3.3.1	Problémy vodohospodářské	10
3.3.2	Problémy technické	10
3.3.3	Problémy ekologické	11
3.3.4	Problémy ekonomické	12
3.3.5	Problémy majetkoprávní	12
3.3.6	Problémy legislativní	12
3.4	Rekonstrukce, revitalizace vodních nádrží.....	12
3.4.1	Rekonstrukce MVN.....	12
3.4.2	Revitalizace MVN	13
3.5	Chemie a biologie malých vodních nádrží	15
3.5.1	Biologie MVN.....	16
3.5.2	Fyzikální pochody v MVN.....	16
3.5.3	Eutrofizace	18
3.6	Využití MVN ke zlepšení kvality vody	18
3.6.1	Samočištění.....	20
3.6.2	Stanovení čistícího účinku MVN.....	21
3.6.3	Zjištění trofického potenciálu.....	21
3.6.4	Význam rostlin v procesu čištění.....	22
3.6.5	Oxygenace povrchových vod	23
3.7	Ztráta půdy vodní erozí na základe rovnice USLE	23
3.7.1	Faktor erozní účinnosti přívalového deště R	24
3.7.2	Faktor erodovatelnosti půdy K	25
3.7.3	Faktor ochranného vlivu vegetace C.....	25
3.7.4	Faktor délky svahu L	26

3.7.5	Faktor sklonu svahu S.....	27
3.7.6	Faktor účinnosti protierozních opatření P	27
3.7.7	Přípustná ztráta půdy vodní erozí	28
3.8	Ztráta vody z MVN	28
3.8.1	Ztráta vody výparem.....	28
3.8.2	Ztráty vody transpirací rostlin	29
3.9	Objem přímého odtoku	30
3.9.1	Metoda čísel odtokových křivek (CN).....	30
3.9.2	Objem přímého odtoku	30
4	PRAKTICKÁ ČÁST – REVITALIZACE MALÉ VODNÍ NÁDRŽE DOLINA V K.Ú. NÍHOV.....	32
4.1	Popis lokality	32
4.1.1	Obecný popis lokality	32
4.1.2	Charakteristika MVN.....	32
4.1.3	Charakteristika přírodních podmínek.....	35
4.2	Stávající stav.....	40
4.2.1	Objem přímého odtoku z povodí nádrže	40
4.2.2	Výpočet odnosu zeminy vodní erozí.....	42
4.2.3	Výpočet výparu z vodní hladiny dle normy ČSN 75 2410.....	43
4.2.4	Ztráta vody evapotranspirací	45
4.3	Důvody revitalizace	45
4.4	Možnosti řešení aktuálního stavu.....	50
4.4.1	Řešení č. 1	51
4.4.2	Řešení č. 2	52
4.4.3	Řešení č. 3	56
5	ZÁVĚR	60
6	POUŽITÁ LITERATURA.....	62
	SEZNAM TABULEK	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	66
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	67

1 ÚVOD

Voda, nejrozšířenější kapalina na planetě Zemi, je základním kamenem umožňující vznik života a jeho další rozvoj. Díky svým chemickým i fyzikálním vlastnostem je nepostradatelnou složkou všech živých organismů. Pozemský život existoval více než 3 miliardy let téměř jen pod vodní hladinou, až následně živí tvorové osídlili i souš. Voda byla základní podmínkou při vývoji lidských civilizací, které jsou tak na tomto zdroji zcela závislé. Není náhodou, že všechny města, vesnice, osady jsou postaveny poblíž některého ze zdrojů vody. Vodní plochy obstarávaly nejen potravu, ale byly i tepnami obchodu a zdrojem pro závlahy. Postupem času lidé začínali využívat i potenciál vody, jako zdroj mechanické energie, tedy síly potřebné k pohonu strojů, hamrů, vodních pil, mlýnských kol a dalších. Pochopitelně s dalším rozvojem lidské populace byly přírodní zdroje povrchové vody nedostatečné a nestálé, lidé tak začali hledat řešení, kterým bylo, jak se později ukázalo, vytváření nádrží umělých. Tyto nádrže sloužily k retenci vody za různými účely – od zásobení pitnou vodou a vodou pro závlahy, přes rybochov až po ochranu proti povodním.

Vodní plochy vždy vytvářely výrazný krajinný prvek – mají kladný vliv na charakter krajiny, ať už z pohledu zlepšování klimatických podmínek, estetických funkcí, či vytváření lokálních biocenter. Vodní plochy mají výrazný vliv i na retenci vody v krajině a dotují zásoby podzemních vod v jejich okolí. Pro dosažení těchto pozitivních vlivů je však nutné, aby při návrhu i realizaci bylo přistupováno zodpovědně, komplexně a to vše s ohledem na okolní krajinu a přírodu. Stav současných nádrží v našem okolí se potýká se spoustou problémů, právě proto, že tomu tak v mnoha případech není (nejvýraznějšími aktuálními problémy je zarůstáním takzvaným vodním květem a zanášením sedimentem).

O nutnosti a významu vodních ploch pro společnost svědčí i skutečnost, že Evropská unie a některá ministerstva vypisují dotační programy na výstavbu nádrží nových i rekonstrukci a revitalizaci nádrží stávajících. V praktické části práce se proto zaměřím na možnosti a zjednodušenou studii provedení úpravy současného stavu malé vodní nádrže v obci Níhov tak, aby mohla být i nadále přínosem pro okolní krajinu a společnost.

2 CÍL PRÁCE

Tato bakalářská práce si dává za úkol okrajově seznámit čtenáře s tématem malých vodních nádrží, jejich historií, základním dělením i současným stavem, následně zrekapitulovat teoretický základ i pro následnou praktickou část. Z těchto poznatků o procesech probíhajících v nádržích, zahrnující biologii, fyzikální pochody i procesy samočistění povrchové vody, lze vyvozovat vhodné ideové řešení následného návrhu. V druhá polovina práce bude zaměřena na provedení ideových návrhů řešení současného stavu. Tyto návrhy musí vycházet z důsledného provedení průzkumu současného stavu a vyhodnocení některých základních charakteristik, ovlivňujících koncepci nádrže.

Výsledkem práce by mělo být stručné shrnutí pozitiv a negativ jednotlivých návrhů. Návrhy je třeba provádět ve spolupráci se zástupci obce, aby v další návaznosti mohla být práce podkladem pro seznámení laické veřejnosti se související problematikou a následné rozhodnutí výběru vhodné varianty ke zpracování projektové dokumentace a výstavby.

3 TEORETICKÁ ČÁST

3.1 HISTORIE VODNÍCH NÁDRŽÍ

3.1.1 Historie výstavby rybníků a účelových nádrží ve světě

Současná úroveň historického bádání nedává uspokojivou odpověď na otázku, ve které zemi byly vodní nádrže vybudovány jako první. Jisté ale je, že již v předhistorické době bylo pro člověka důležité mít potřebné množství vody v jednotlivých fázích vegetační periody. Proto nacházíme první zmínky o závlahách, v souvislosti s nimi i o uměle vytvořených nádržích, v zemích, které označujeme jako „kolébky kultur“ v Egyptě, Mezopotámii, Číně a Indii.

Zprávy o budování vodních nádrží a cisteren pro zachycování jarních záplavových vod v Egyptě a v Mezopotámii se vyskytují v období 2000 let př. n. l. Jejich největší rozvoj v oblasti řek Eufratu a Tigridu připisují starověcí dějepisci období okolo roku 600 př. n. l.

První zmínky o čínských vodních nádržích přicházejí z roku 2200 př. n. l. a jejich popis s mnohými technickými detaily je obsahem písemností z doby okolo roku 1100 př. n. l. Ve starověkých nádržích chovali Číňané ryby, údajně i předchůdce treboňského kapra, a to v rybnících v povodí řeky Kiang již kolem roku 2200 př. n. l. V Indii se ve vodních nádržích zachycovaly přebytky srážkové vody z období dešťů, zde mnoho původních nádrží vydrželo až do dnešních dob a dokonce se stále využívá.

V oblasti Středního a Blízkého východu byla od starověku akumulována voda v nádržích nebo cisternách pro závlahové účely a zásobování měst. Nádrže a zemní vodojemy značných rozměrů byly zřizovány na významných karavanních cestách. Ve své původní vlasti budovali Řekové nádrže nebo cisterny, které sloužily jako zdroj pitné vody pro zásobování měst. Kromě toho existovaly v Řecku posvátné nádrže, v nichž byly chovány ryby. Bohatí římsí Patriciové si často zřizovali umělé nádrže i pro soukromý chov cenných ryb. V záznamech z 1. století n. l. se uvádí, že Římané nejen ryby přechovávali a vykrmovali v rybnících, ale že se zabývali i jejich chovem. [1]

3.1.2 Historie vodních nádrží u nás

Není příliš známou skutečností, že prvními staviteli „prarybníků“ na našem území byli ve 3. a 4. století našeho letopočtu keltští prospektoři, kteří na Šumavě, na Českomoravské vysočině a v moravském Podyjí hledali zlato a další cenné kovy. K rýžování a plavení vytěžené rudy bylo potřeba velké množství vody, za účelem jejího zadržení tak budovali jednoduché umělé nádrže. Přibližně v 6. století přicházejí z bažinaté oblasti dnešního rusko-polského pomezí kolem řeky Pripjat' Slované, jejichž dovedností byl lov ryb a jejich uchovávání ve stojatých vodách umělých jezírek, či přehrazených slepých říčních ramen nebo potoků. Těmto prvním vodním dílům říkají „stavy“, názvem dodnes užívaným v Polsku pro označení rybníka nebo

jezera. Kromě uchování živých ryb tyto „stavy“ sloužily i k obraně sídel a jako zásobárna vody. V dobách, kdy se ještě používal výraz „stav“, se stavěly rybníky v pahorkatinách, kde bylo možné si pohodlně představit velikost i tvar budoucího díla. Obecně však směřovalo budování rybníků ke stále větším stavbám. Ty první byly menší a na svažitém terénu, tak aby se i na malé hladině dalo dosáhnout potřebné hloubky, která umožnila rybám přežít zimu. Později byly rybníky většinou umísťovány do rovinatých nížin, kde k zaplavení rozsáhlého území stačila poměrně nízká hráz. Novější model rybníku byl teplejší, výživnější, a proto v něm rychleji rostly ryby.

Slované na našem území měli velké zkušenosti s odvodněním močálů a budováním rybníků. Hráze rybníků sloužily i jako cesty jinak neprůchodným močalovitým územím. Stavy obvykle vznikaly na menších vodních tocích, kde lidé jednoduše přehradili krátkou, často do rybníka vypouklou hrází, pravděpodobně bez vypouštěcího zařízení. Tato hráz vzdula vodu potoku či říčky a tak vytvořila malou vodní nádrž. Tyto nádrže jsou v historických pramenech označovány za obstaculum. Fakt, že se „stav“ bez vypusti nezachoval, dokazuje, že jde jen o přechodný vývoj názvu k označení rybník.

V době Krčínově, kdy u nás došlo k intenzivnímu rozvoji rybníkářství, existovaly některé rybníky v Čechách a na Moravě s největší pravděpodobností již 500 let. Z tohoto faktu se dá dedukovat, že počátky rybníkářského řemesla jsou daleko starší a je nutno je hledat již v 11. století.

Obecně lze říct, že část rybníků je pozůstatkem někdejších jezer, další vznikaly při vysušování a osidlování krajiny. Vodní nádrže u nás také vznikaly jako součást hornického a sklářského podnikání. Horníci při své činnosti potřebovali velké množství vody k praní vytěžené rudy. První činnost tohoto typu u nás je doložená v jižních Čechách, již ve 3. a 4. století. Velké množství těchto nádrží však postupem času zaniklo. Některé z nich byly posléze obnoveny nebo přebudovány na rybníky. Svědčí o tom názvy některých rybníků, často různě zkomolené, vztahující se ke sklu nebo rudám. Voda, zadržená ve stavech (rybnících), byla i ochranou proti ohni v dobách, kdy obydlí byla dřevěná. Rybník a příkopy byly často i součástí opevnění (Vajgar). [13]

3.2 ROZDĚLENÍ A FUNKCE VODNÍCH NÁDRŽÍ

3.2.1 Malá vodní nádrž

U nás lze mezi malé vodní nádrže řadit vodní plochy, které vyhovují podmínkám českých technických norem, tedy přesněji ČSN 75 2410. Z normy ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže vyplývá, že lze za nádrž považovat vodní plochy, u které jsou současně splněny následující podmínky:

a) Objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru (normální hladinu) není větší než 2 mil. m³. U nádrží určených k chovu ryb se jedná o hladinu vymezenou nejnižší úrovní přelivné hrany nehrazeného přelivu nebo horní hranou hrazeného přelivu.

b) Největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m. Jedná se o vzdálenost nejnižše položeného místa dna nádrže od maximální hladiny. Neuvažují se lokální větší hloubky v místě původního dna, hlavní stoky apod.

Norma je doporučena i pro rekonstrukce historických rybníků, jejichž parametry překračují podmínky uvedené výše. Pro nádrže s celkovým objemem menším než 5 000 m³ se doporučuje normu použít přiměřeně podle místních podmínek. [2]

Malé vodní nádrže rozdělujeme podle několika základních charakteristik. Mezi hlavní dělení patří rozdělení podle účelu. Velké množství nádrží, ale má funkcí hned několik, ty nazýváme víceúčelové a pro tento typ dělení určujeme jejich dominantní funkci. Další možné rozdělení je podle polohy v nádrže v krajině, typu hráze, nebo způsobu zásobení vodou.

3.2.2 Rozdělení MVN podle jejich účelu

- *Zásobní nádrže* – nádrže akumulující vodu v době jejího nadbytku s možností využívání v době, kdy je jí nedostatek. Patří sem zejména nádrže vodárenské, průmyslové, závlahové a energetické.
- *Ochranné (retenční) nádrže* – objekty, které zachycují povodňové průtoky a transformují povodňové vlny. Tím chrání zájmová území před účinky velkých vod. Mezi tyto objekty patří nádrže suché ochranné (poldry), ochranné nádrže s malým zásobním prostorem, dešťové nádrže, protierozní nádrže, vsakovací nádrže a nárazové nádrže.
- *Nádrže upravující vlastnosti vod (čisticí nádrže)* – jsou určené k úpravě vlastností vody a to fyzikálních, chemických a biologických. K tomuto účelu je využíváno hlavně přirozených a samočisticích procesů, které probíhají ve vodním prostředí. Tady můžeme nalézt nádrže chladicí, přehřívací, usazovací aerobní a anaerobní, biologické nádrže a dočišťovací biologické nádrže.
- *Rybochovné nádrže (speciální rybníky)* – rybníky, kde je vytvořeno prostředí vhodné pro chov ryb s možností úplného a pravidelného vypouštění. Tyto rybníky se často tvoří v soustavách, které se skládají z rybníků výtěrových, třecích, plůdkových předvýtažníků, plůdkových výtažníků, výtažníků, komorových rybníků, speciálních komor, hlavních rybníků, sádek a karanténních rybníků.
- *Hospodářské nádrže* – plní konkrétní hospodářské funkce. Příkladem mohou být požární nádrže, nádrže pro chov vodní drůbeže, nádrže na pěstování vodních rostlin, napájecí nádrže, plavíci nádrže a výtopové zdrže.

- *Speciální účelové nádrže* – tyto nádrže slouží ke konkrétním provozním potřebám. Bývají různého typu a uspořádání. Sem můžeme zařadit nádrže recirkulační, vyrovnávací, přečerpávací, rozdělovací, splavňovací (klauzury) a závlahové vodojemy.
- *Asanační nádrže* – nádrže používané k asanaci území narušeného lidskou činností, konkrétně k zachycování a uskladnění látek, které by mohly poškodit životní prostředí. K tomuto účelu se budují nádrže záchytné, skladovací, umělé laguny a otevřené vyhnívací nádrže.
- *Rekreační nádrže* – nádrže sloužící k odpočinku, vodním sportům. Často opatřené speciálním vybavením o specifické kvalitě vody a upraveným přístupem a okolím nádrže. Pod tímto pojmem rekreační nádrže si můžeme představit přírodní koupaliště nebo nádrže pro vodní sporty a plavání.
- *Krajinotvorné nádrže a nádrže v obytné zástavbě* – zlepšují ekologickou funkci a estetický ráz krajiny, architektury, sídlišť a parků. Mohou optimalizovat vlhkostní poměry v krajině, či vytvářet příznivé podmínky pro rozvoj vegetace a tvorby biocenter. Často mívají také okrasnou funkci. K tomuto využití se budují nejčastěji hydromeliorační nádrže, okrasné nádrže v krajině, okrasné nádrže v sídlištích a parcích, návesní rybníky, umělé mokřady, krajinotvorné nádrže a nádrže na ochranu bioty. [3]

Tabulka 3.1 Rozdělení malých vodních nádrží z hlediska funkčního (ČSN 75 2410)

<p><i>Zásobní nádrže</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – vodárenské – průmyslové – závlahové – energetické – kompenzační – zálohové – retardační – aktivizační 	<p><i>Rybochovné nádrže</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – výtěrové a třecí rybníky – plůdkové výtažníky – výtažníky – komorové rybníky – hlavní rybníky – speciální komory – karanténny rybníky – sádky
<p><i>Nádrže upravující vlastnosti vody</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – chladicí – předeřívací – usazovací – aerobní biologické – anaerobní biologické – dočišťovací biologické 	<p><i>Ochranné (retenční) nádrže</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – suché retenční (poldry) – retenční nádrže s malým zásobním prostorem – protierozní – dešťové – vsakovací (infiltrační) – nárazové
<p><i>Hospodářské nádrže</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – protipožární – pro chov drůbeže – pro pěstování vodních rostlin – napájecí a plavící – výtopové zdrže 	<p><i>Speciální účelové nádrže</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – recirkulační – vyrovnávací – přečerpávací – rozdělovací – splavňovací (klauzury) – závlahové vodojemy
<p><i>Nádrže krajinnotvorné a v obytné zástavbě</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – hydromeliorační – okrasné – návesní rybníčky – umělé mokřady 	<p><i>Asanační nádrže</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – záchytné – skladovací – otevřené vyhnívací – rekultivační – laguny
<p><i>Nádrže na ochranu bioty</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – na ochranu flory – na ochranu fauny 	<p><i>Rekreační nádrže</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – přírodní koupaliště – pro plavání a vodní sporty

3.2.3 Rozdělení podle polohy v krajině

Tento typ rozdělení MVN bere v úvahu prostředí a jejich význam na ně.

- *Návesní nádrže* jsou umístěny na okraji obcí nebo přímo v nich, rozměrově jsou převážně menší a nejčastěji jsou využívány jako rybochovné, požární, zásobní a ochranné. Často jsou ale kontaminovány splachy z ulic a zpevněných ploch.
- *Polní nádrže* jsou obklopeny poli a většinou jsou rybochovné. Bývají budovány v dobře osluněných polohách chráněnými před studenými větry, ale za dešťů a tání sněhu se do nich splavuje ornice, hnojiva a chemické látky. Proto se často velmi rychle zanášejí a zarůstají.
- *Lesní nádrže*, jak název napovídá, jsou situovány na lesních pozemcích. Většinou obklopeny vegetací, která zastíňuje hladinu. I zdroj vody přitékající z lesů má nižší teplotu než voda z potoků. To má za následek, že voda v lesních nádržích je studenější a nádrže jsou zanášeny spadáním listů.
- *Luční nádrže* jsou obdoba nádrží polních, jen u nich, díky okolním trvalým travním porostům nedochází k tak výraznému zanášení. [4]

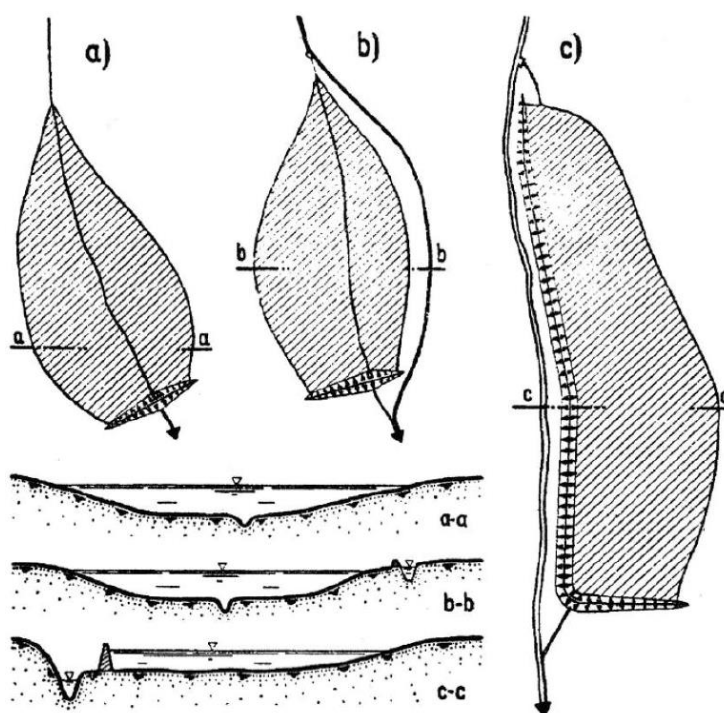
3.2.4 Rozdělení podle způsobu zásobní vodou

MVN mohou mít několik způsobů přítoku vodního zdroje. Těchto několik způsobů je další možnost, jak MVN rozdělovat.

- *Nebeske – dešťové nádrže* jsou umístěny v kotlinách bez stálého přítoku. Velkou část vody získávají na jaře díky tání zimní sněhové pokrývky. Mají mít zcela nepropustné dno a strmé svahy, aby se jejich vodní stav snižoval průsakem a výparem co nejméně, průměrná hloubka by měla být alespoň dva metry. Výpar vody však snižuje jejich hladinu během roku i o 50 a více centimetrů.
- *Pramenné nádrže* jsou napájeny prameny ve svém dně, svazích nebo těsně nad vzduším. Voda je zde chladná, čistá a bez organických látek. Proto jsou například vhodné pro chov studenovodních ryb. Tyto nádrže se dají vybudovat z jezer vzniklých poklesem půdy důlní činností, šterkovišť, lomů a pískoven zatopených podzemní vodou.
- *Průtočné nádrže* jsou napájeny potoky a řekami, jejichž údolí bylo přehrazeno hrází. Nemají problém s nedostatkem vody, ale zpomalením vody při průtoku nádrží se zanášejí sedimenty, které voda přináší zejména při zvýšených hladinách a povodních.
- *Boční – náhonové nádrže* se vyznačují tím, že napájecí tok teče mimo nádrž ve svém korytě a nádrž je vybudována v údolí vodoteče a její značná část je souběžná s vodním tokem. Údolí toku může být přehrazeno a tok je veden ve vybudovaném korytě podél

nádrže. Mluvíme pak o nádrži obtokové. Napájecí stoka může vést údolím toku a napájet soustavu nádrží náhonových a na svém konci opět zaústí do toku napájecího. Náhon zde tak vodu přivádí i odvádí. Boční nádrže mohou být vystavěny i mimo údolí toku, například v úžlabině, a v tom případě musí být voda přivedena náhonem, kanálem, štolou nebo i vodovodem z napájecího toku i přes rozvodí. Hlavním znakem bočních nádrží je umělé a regulovatelné množství přiváděné vody, která se do náhonu dostává většinou vzdutím nebo mimořádně i čerpáním.

- *Zvláštní napájení* mají nádrže pro čištění vod, které mají přítok vody ze stok, požární nádrže z vodovodní sítě a podobně. [5]



Obrázek 3.1 Rozdělení nádrží dle polohy k toku a) nádrž průtočná b) nádrž průtočná s obtokovým kanálem c) nádrž neprůtočná [14]

3.3 SOUČASNÉ PROBLÉMY MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ

Současný, nepříliš uspokojivý, stav prakticky všech malých vodních nádrží v České republice je výsledkem dlouhodobého nezájmu o údržbu, nízkou mírou finančních prostředků vkládaných v minulosti v této oblasti jak do údržby, tak do investic, ale i do prevence negativních vlivů. Problémy, vyskytující se v současné době v tomto oboru lze rozdělit do následujících skupin, které se však vzájemně prolínají:

- problémy vodohospodářské,
- problémy technické,

- problémy ekologické,
- problémy ekonomické,
- problémy majetkoprávní,
- problémy legislativní.

3.3.1 Problémy vodohospodářské

Hlavní vodohospodářský problém MVN tvoří jejich zanášení sedimenty. Zanášení nádržních prostorů sedimenty, je způsobováno erozními procesy vznikajícími zejména na zemědělské půdě v povodí nádrže. Výsledkem intenzifikace zemědělské výroby (zvyšování podílu orné půdy na úkor trvalých travních porostů, vytváření velkých půdních bloků, velkoplošné pěstování erozně náchylných plodin, nesprávná agrotechnika, zvýšeným používání průmyslových hnojiv, ochranných látek a omezení hnojiv organických) byl rapidní vzrůst erozních procesů v povodí a transport nerozpuštěných a rozpuštěných látek povrchovými toky. Negativní dopady transportu půdních částic na funkci nádrže a kvalitu vody je možno charakterizovat takto:

- sedimenty obsahují velké množství živin a někdy i toxických látek (těžké kovy), které mohou být za určitých podmínek uvolněny do zpět do vodního prostředí,
- sedimenty zmenšují využitelný vodní prostor v nádrži,
- při poklesu hladiny v nádrži se obnažují plochy usazeného materiálu s vysokým obsahem živin. Tyto plochy velice rychle zarůstají vegetací, která po opětovném zaplavení vodou rychle odumírá. Její rozklad způsobuje vážné kyslíkové problémy v nádrži a uvolňuje živiny v přístupné formě do vody,
- zvýšené nebezpečí zarůstání nádrží vlhkomilnou vegetací s negativními dopady na snížení využitelné zásoby vody, zvýšené ztráty vody výparem, estetické problémy,
- snižování provozuschopnosti funkčních objektů zanášením sedimenty. [14]

3.3.2 Problémy technické

Současný stav většiny hrází a funkčních objektů odpovídá jejich stáří, péči a finančním prostředkům, které byly věnovány na jejich údržbu. Na základě průzkumu vyhotoveným organizací Vodní díla – TBD a.s. 32 % posuzovaných nádrží nevyhovělo kritériím bezpečnosti proti přelití hráze.

Tabulka 3.2 Nejčastější závady u malých vodních nádrží

Pořadí dle četnosti	Charakteristika závady	Výskyt u nádrží (%)
1.	špatný stav výpustného zařízení	39
2.	neudržovaná vegetace	35
3.	zamokření podhrází	34
4.	nevyrovnaná koruna hráze	30
5.	špatný stav přelivu	26
6.	deformace povrchu hráze	25
7.	porušené opevnění hráze	24
8.	kaverny v tělese hráze, vývěry vody, omezená průjezdnost	12

3.3.3 Problémy ekologické

Z ekologického hlediska patří k nejzávažnějším otázkám kvalita vody, jakost sedimentů vzhledem k jejich dalšímu využití nebo zneškodnění, ochrana flory, fauny a ekosystémů.

Kvalitu vody v nádrži ovlivňují aktivity, uplatňované v povodí nádrže a intenzita využívání vlastní nádrže. Povodí nádrže může negativně ovlivňovat kvalitu vody působením plošných nebo bodových zdrojů znečištění. Mezi nejvýznamnější plošné zdroje znečištění patří zemědělská výroba, ale i atmosférické depozice. Bodové zdroje znečištění (sklárky, objekty živočišné výroby, silážní jámy, sídla) jsou snáze identifikovatelné a jejich sanace je zpravidla pouze otázkou technického řešení a financí.

Pro kvalitu vody v nádržích je významný zejména fosfor a dusík, které v určitém poměru a za vhodných teplotních podmínek způsobují eutrofizaci nádrží. Eutrofizace nádrží znamená masový nárůst mikroflóry, která velice rychle pokrývá celou hladinu nádrže. Po určité době dochází k úhynu mikroflóry, ta klesá na dno nádrže a zde probíhá anaerobní rozklad s negativními důsledky na kyslíkovou bilanci nádrže a tím i na kvalitu vody a organismů. [14]

3.3.4 Problémy ekonomické

Malé vodní nádrže, jako významný krajinný prvek, by neměly být využívány pouze komerčně, s cílem získat co největší zisk. Tohoto cíle lze dosáhnout pouze tehdy, pokud se na financování mimoekonomických funkcí MVN podílí stát i místní samosprávy, jak tomu bylo již za minulého století. Současný neutěšený stav hrází, funkčních objektů a zanesených nádržních prostorů je výsledkem nevhodné veřejné politiky minulých desetiletí, kdy hlavním cílem byla intenzifikace chovu ryb na úkor zcela nedostatečných kapacit a finančních prostředků na běžnou údržbu, případně opravy. Vlastníci nejsou v současné době schopni bez finanční podpory státu nápravu toho stavu řešit, a proto v řadě případů uvedené problémy na MVN přetrvávají, nebo se dokonce prohlubují.

3.3.5 Problémy majetkoprávní

Po roce 1989 byla dle zákona 229/91 Sb. (15) převedena část malých vodních nádrží původním vlastníkům nebo jejich právním nástupcům. Část MVN v rámci transformace a privatizace některých organizací přešla na tyto nově ustanovené právní subjekty (akciové společnosti Povodí, různé subjekty, rybářství, fyzické osoby).

3.3.6 Problémy legislativní

Jedná se zejména o základní první normu vodního hospodářství, tj. Zákon č. 20/2004 Sb. o vodách (vodní zákon) a jeho prováděcí vyhlášky (předpisy), vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích na vodní díla. Tato vyhláška byla vydána ve vazbě na zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Dále Zákon č. 114/92 Sb. o ochraně přírody a krajiny, kterým získávají rybníky jako celek statut významného krajinného prvku s příslušnou ochranou, avšak bez podrobnější specifikace a věcného rozlišení. [14]

3.4 REKONSTRUKCE, REVITALIZACE VODNÍCH NÁDRŽÍ

Mezi pojmy rekonstrukce a revitalizace dochází často k záměně. Nicméně jsou v normě ČSN 75 2410 poměrně přesně specifikovány. Tedy že rekonstrukce je spíše rázu stavebního a revitalizace zahrnuje činnosti pro zlepšení ekologických funkcí nádrže.

3.4.1 Rekonstrukce MVN

Rekonstrukce je definovaná v normě ČSN 75 2410 jako úprava, přestavba a budování nových zařízení a částí malých vodních nádrží (hráze, objekty, prostor nádrže a okolí) provozovaných, zrušených nebo havarovaných, které nevyhovují požadavkům na jejich funkci a bezpečnost. [6]

3.4.2 Revitalizace MVN

Pojem revitalizace norma ČSN 75 2410 vyjadřuje jako činnost, kterou se obnovují narušené, popř. změněné základní ekologické funkce malých vodních nádrží. [6]

K základním revitalizačním opatřením patří:

- a) odstranění nežádoucích sedimentů;
- b) úprava dna nádrže;
- c) úprava nebo vytvoření litorální zóny, včetně obnovy břehových porostů;
- d) úprava břehů nádrže;
- e) vytvoření infiltračních pásů, mokřadních ploch a tůní kolem nádrže, včetně ozelenění;
- f) zapojení malých vodních nádrží do přírodního ekosystému ve vazbě na územní systémy ekologické stability;
- g) vhodná hospodářská opatření na zemědělské a lesní půdě v povodí (např. protierozní opatření);
- h) vytváření podmínek pro přežití organismů při vypuštění nádrže a při jejich rozvoji (např. boční rybník);
- i) vytváření podmínek pro možnost migrace.

Revitalizační opatření na malých vodních nádržích musí být v souladu s vytvářením přírodně hodnotných ekosystémů a mají se přibližovat svým charakterem přirozeným biotopům. Při návrhu objektů a úprav je třeba využívat místní přírodní materiály; zaměřit se na vegetační prvky ochrany litorální a břehové zóny. [7]

Tabulka 3.3 Přehled revitalizačních opatření na MVN a jejich účinky podle ČSN 75 2410

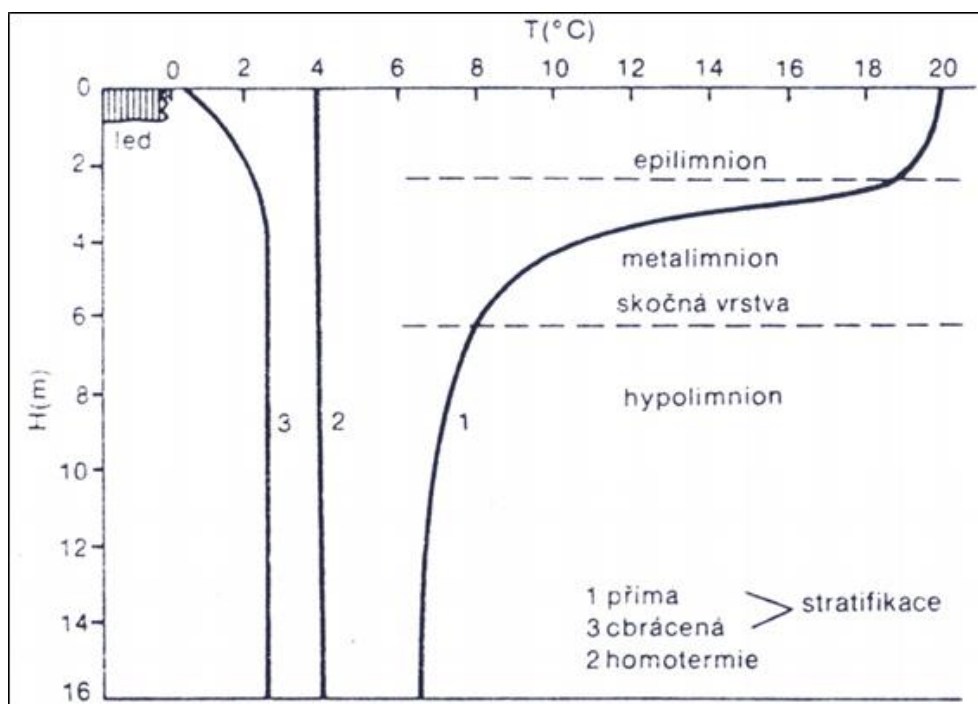
Revitalizační zásah	Změny, které vyvolá	Účinky revitalizace
Obnova litorálního pásma Vytvoření ostrovů, mokřadních ploch a tůní	Vymezení plochy pro rozvoj litorálního pásma (min. 15 % až 18 % plochy nádrže)	Posílení ekologické funkce nádrže a začlenění do krajiny
Revitalizace navazujícího úseku vodního toku, vytvoření sedimentační tůně na přítoku	Snížení zanášení nádrže sedimentem	Posílení ekologické funkce nádrže a začlenění do krajiny Omezení eutrofizace a zanášení nádrže
Odstranění sedimentů	Zvětšení akumulčního prostoru	Dosažení původních nádržních prostor
Úprava dna nádrže	Odstranění prohlubní zaplněných organickým kalem, vystokování dna	Snížení trofie vody, zlepšení slovení rybí obsádky (omezení výskytu invazivních druhů ryb)
Úprava břehové linie	Návrh a výsadba doprovodné vegetace podle odpovídajícího vegetačního stupně	Posílení ekologické funkce nádrže Posílení biodiverzity a lepší začlenění do krajiny
Zatravnění pásu o šířce minimálně 20 m po obvodu nádrže	Vytvoření bariéry před eutrofizací a zanášením nádrže	Omezení eutrofizace a zanášení nádrže
Odstranění migračních bariér na vodním toku – zprůchodnění odběrných objektů u bočních nádrží	Zajištění migrační prostupnosti vodního toku a trvale udržitelného rozvoje vodních živočichů	Posílení biodiverzity a ekologické funkce vodního toku
Opatření k omezení transportu sedimentu v povodích nádrže	Organizace povodí z hlediska protierozní ochrany	Posílení výše uvedených funkcí, omezení zanášení nádrže sedimentem

3.5 CHEMIE A BIOLOGIE MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ

Fyzikální, chemické, biochemické a biologické vlastnosti vody v nádrži jsou závislé na mnoha faktorech. K hlavním faktorům patří velikost, hloubka proudění vody, druh nádrže a morfologie, tvar zátopy a tím i hladiny, klimatické podmínky, nadmořská výška, intenzita slunečního svitu, teplota, geologické a vegetační poměry v povodí toku a v neposlední řadě také jakost a množství přitékající vody do nádrže. Většina těchto faktorů, ale především jakost a množství vody, které přitéká do nádrže, významně ovlivňuje eutrofizaci nádrží a toků pod nimi.

Fyzikální vlastnosti a chemické složení stojatých vod se mění, zejména ve směru vertikálním. Mění se nejenom v ročních obdobích, ale i během dne. Tyto změny se týkají zejména teploty, rozpuštěného kyslíku a oxidu uhličitýho, sloučenin fosforu, dusíku, železa, manganu, dále hodnoty pH a neutralizačních kapacit. Vertikální zonace je tím výraznější, čím je nádrž hlubší a doba průtoku nádrže delší. Za mělké se považují nádrže, které v důsledku větrného a konvektivního míchání nejsou stratifikovány.

Zonace je výsledkem interakce mezi turbulencí vyvolanou větrem na povrchu nádrže a vztlačovými změnami hustoty vody při ohřívání a chladnutí vody. [16]

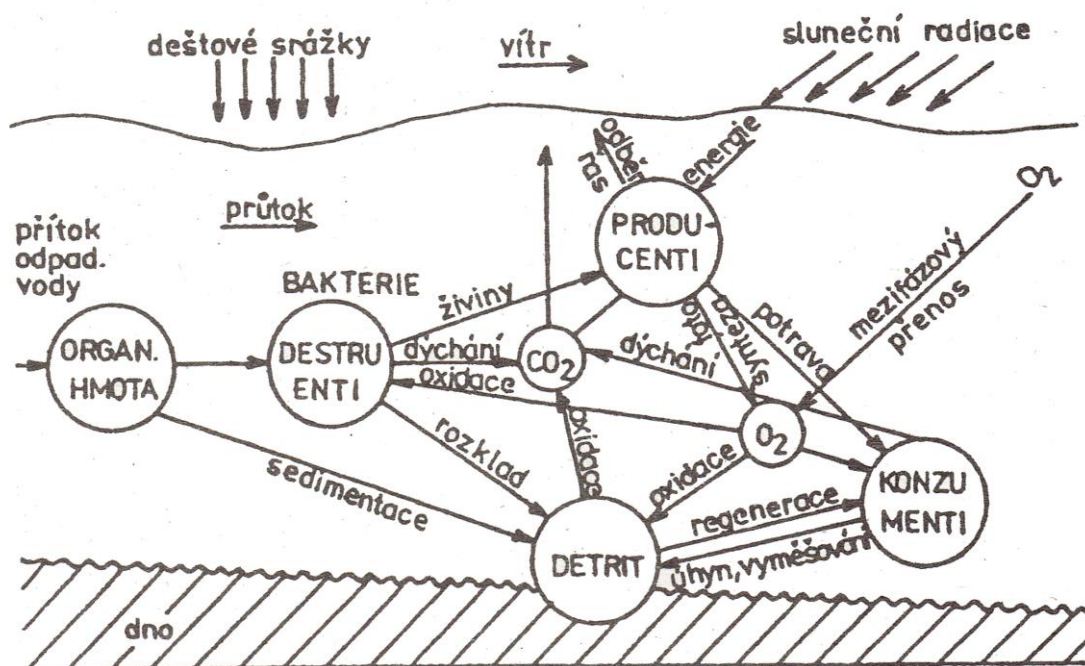


Obrázek 3.2 Teplotní stratifikace [19]

3.5.1 Biologie MVN

Vodní prostor MVN dělíme na vrstvu živnou (trofogenní), odpovídající epilimniu s výskytem producentů a konzumentů a vrstvu odbourávání (trofolytickou), odpovídající převážně hypolimniu s výskytem destruentů a konzumentů. U mělkých nádrží hypolimnium není. K promísení u mělkých nádrží dochází větrem, u hlubších nádrží v období jarní a zejména podzimní homotermie, cirkulací vody.

Malé vodní nádrže s malým obsahem živin a s malou produkcí organické hmoty nazýváme oligotrofní, nádrže bohatě zásobené živinami a s vysokou produkcí organické hmoty jsou eutrofní.



Obrázek 3.3 Zjednodušené schéma průběhu čistících procesů, probíhajících ve vodním prostředí mělké MVN [17]

V MVN čerpají producenti (fytoplankton – řasy, sinice) z vodního prostředí živiny (nutrienty) uvolněné destruenty (bakterie) a v procesu fotosyntézy produkují biomasu, kterou konzumují konzumenti. Tento proces probíhá v epilimniu, hypolimniu dochází k rozkladu a mineralizaci odumřelých organických látek působením mikroorganismů (destruentů). [17]

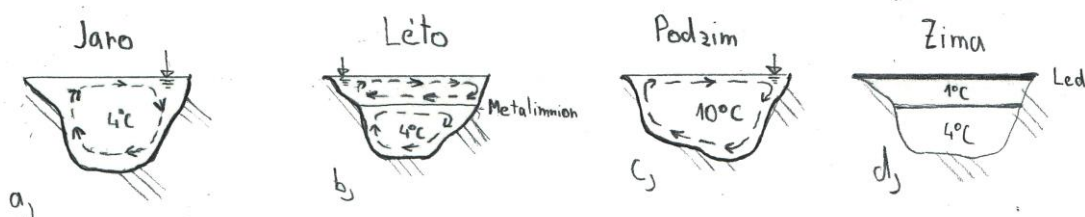
3.5.2 Fyzikální pochody v MVN

K nejdůležitějším fyzikálním pochodům patří procesy ovlivňující teplotní změny v nádržích a sedimentační pochody.

Teplotní procesy v nádržích

Zdrojem tepla v nádržích je sluneční záření, které při dopadu na hladinu se zčásti odrazí, zčásti absorbuje a mění na teplo. Malé množství tepla se získává v místě styku s okolím (půdou a ovzduším), přívodem teplé vody a podobně. Voda se v nádrži ochlazuje vypařováním, vyzařováním tepla a odtokem z nádrže. V nádrži se teplo šíří molekulární a turbulentní difúzí. Teplotní poměry v nádrži ovlivňuje poměry, zastínění vegetací apod. U malých nádrží rozeznáváme během roku čtyři charakteristická teplotní období:

- Období jarní homotermie trvá několik dnů až několik týdnů s teplotou vody přibližně stejnou v celém profilu nádrže blízkou $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Období letní stratifikace trvá u nás asi 6 měsíců a je charakteristická intenzivním prohříváním povrchové vrstvy.
- Období podzimní homotermie trvá několik týdnů a vyznačují se vyrovnanými teplotami od hladiny ke dnu, postupně klesajícími až na $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Období zimní inverze trvá 2 až 3 měsíce a je charakteristické vyššími teplotami u dna než u hladiny, u dna dosahuje kolem $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, led na hladině tvoří izolační vrstvu.



Obrázek 3.4 Teplotní procesy v nádrži v průběhu roku

Sedimentační pochody

Průběh sedimentace závisí na obsahu suspendovaných látek, jejich hustotě, tvaru, měrné hmotnosti, usazovací rychlosti, fyzikálních vlastnostech vody (viskozita, hustota suspendovaných látek ve vodě), rychlosti proudění v nádrži, tvaru, hloubce a uspořádání nádrže, řešení vtoků, výtoků apod. Proces sedimentace je narušován větrem, turbulentními proudy, sedimenty aj. Biologické flokulace se zúčastňují mikroorganismy a částečně i řasy. Sedimentační pochody probíhají v podstatě ve všech nádržích rybníčního typu. Výsledkem intenzivní sedimentace zemitých částic je zanášení (zazemňování) nádrží. [18]

3.5.3 Eutrofizace

Eutrofizací je označován proces růstu obsahu minerálních živin, zejména sloučenin fosforu a dusíku, a následně biomasy (sinic, řas a vyšších rostlin). Ukazatelem obsahu biologicky využitelných živin ve vodě je trofický potenciál, který se stanovuje biologickou metodou. Rozlišujeme přirozenou eutrofizaci a antropogenní (indukovanou).

- a) Přirozenou eutrofizaci nelze ovlivnit a je způsobena přítomností sloučenin P a N, pocházející z půdy dnových sedimentů (půdní výluhy) a z rozkladu odumřelých vodních organismů.
- b) Antropogenní (indukovaná) eutrofizace je výsledkem civilizačního procesu. Je způsobená splachem dusíkatých a fosforečných hnojiv ze zemědělsky obdělávané půdy, používáním polyfosforečnanů v syntetických detergentech a zvětšujícím se množstvím splaškových vod, obsahující sloučeniny fosforu a dusíku z fekálií.

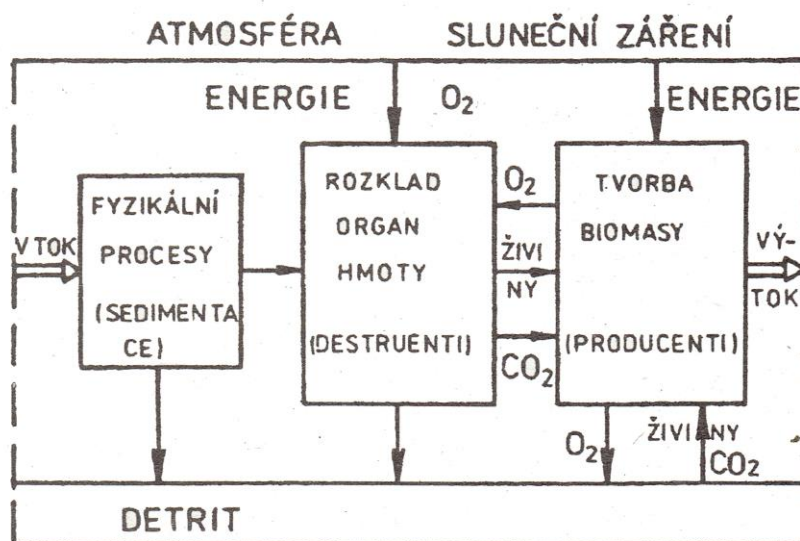
Ve svých důsledcích vede eutrofizace ke zvýšenému rozvoji řas, sinic a vyšších rostlin ve vodě. Dochází k tzv. vegetačnímu zbarvení vody (barva zelená nebo zelenomodrá). Stav, kdy se sinice a řasy nashromáždí v masách těsně u hladiny, se označuje „vodní květ“. Barva vody, působená rozvojem uvedených organismů, se projevuje asi do hloubky 5 m, kam ještě proniká sluneční záření v dostatečné míře. Zhoršující se organoleptické vlastnosti vody a mohou se tvořit i látky toxické, které mají negativní vliv na dobytek i lidský organizmus.

Mezní hodnoty koncentrace sloučenin fosforu a dusíku ve vodě, aniž by docházelo k tvorbě vegetačního zbarvení či vodního květu, nelze určit obecně. [16]

3.6 VYUŽITÍ MVN KE ZLEPŠENÍ KVALITY VODY

Jednou z funkcí MVN je příznivý vliv na zvyšování kvality povrchových vod. Při průtoku vody rybníkem, či účelovou nádrží rybníčního typu dochází v důsledku přirozeného biologického čištění ke snížení fosforečnanů o 60 až 90 %, dusičnanů o 25 až 50 %, amoniaku o 20 až 40 %, nerozpuštěných látek 90 až 98 %. Při průtoky vody malými vodními nádržemi dochází k odbourání choroboplodných mikroorganismů v rozsahu od 95 až 99 %. [17]

Čistící procesy, které probíhají ve vodním prostředí, dělíme na sedimentaci a následně na pochody anaerobní a aerobní, podle obsahu kyslíku v prostředí, ve kterém probíhají.



Obrázek 3.5 Čistící procesy v malé vodní nádrži

Sedimentace

Sedimentace patří k základním pochodům ve vodním prostředí. Je závislá na mnoha faktorech, viz. část 3.5.2. Biologické flokulace se zúčastňují i mikroorganismy a částečně i řasy. Průběh flokulace můžeme ovlivnit přidáním vhodných chemických činidel. Praxi se nejčastěji využívá vápenné mléko, kterým současně upravujeme hodnotu pH. Jen výjimečně použijeme některý z chemických flokulantů, např. síran hlinitý.

Anaerobní pochody

Probíhají v bezkyslíkatém prostředí a obvykle se projevují pachovými závadami. Důležité mikrobiální, převážně anaerobní čistící procesy:

- převod močoviny na amonné sloučeniny,
- rozklad bílkovin na jednoduché štěpné produkty (činností hnilobných bakterií),
- štěpení mastných kyselin při značné tvorbě metanu,
- štěpení celulózy a sacharidů,
- redukce sirovodíku, dusičnanů na dusitany a amoniak až na plynný dusík.

Aerobní čistící procesy

U běžných nádrží rybníčního typu vysoce převažují aerobní pochody, které můžeme charakterizovat jako proces bakteriální oxidace a fotosyntetické redukce, probíhající ve vodním prostředí. Rozklad, přeměna a poutání jednotlivých látek ve vodním prostředí je výsledkem složitých biologických a biochemických procesů, kterých se zúčastní nejen bakterie, ale i vyšší organismy.

Procesy probíhají v několika fázích, které navazují na předchozí sedimentaci usaditelných látek, biologickou a příp. chemickou flokulaci, na ni navazuje oxidace (případně redukce) a postupná mineralizace organické hmoty.

Kyslík k oxidačním procesům se získává difuzí z atmosféry v místě styku s vodní hladinou, významným producentem kyslíku jsou ve vegetačním období řasy při fotosyntéze. V nádržích lze také využít umělé provzdušňování. Zdrojem kyslíku je i provzdušněná přitékající voda.

Množství kyslíku přijímaného hladinou činí maximálně 4,8 až 7,2 g/m² za 1 den. [17]

3.6.1 Samočišťení

Samočišťení je souhrn přirozeně probíhajících fyzikálních, chemických, biologických a biochemických pochodů, kterými se povrchové vody v přírodě zbavují znečišťujících látek.

Fyzikální pochody

Mezi hlavní fyzikální pochody probíhající při samočišťení patří: sedimentace nerozpuštěných látek, koagulace, sorpce, ředění, odplavování usazenin při velkých vodách a přestup kyslíku ze vzduchu do vody. Při rozptylování znečišťujících látek a kyslíku ve vodě se uplatňuje difuze.

Chemické pochody

Látky obsažené v odpadních vodách reagují s látkami obsaženými s vodou v nádrži. Dochází k reakcím neutralizačním, srážecím a oxidačně redukčním a k fotochemickému rozkladu.

Biochemické a biologické pochody

Biologické procesy hrají v samočišťení rozhodující roli. Podílejí se na nich různé organizmy, jejichž činnost závisí na charakteru prostředí. Znečišťující látky organického původu jsou substrátem pro nižší organizmy, ty se stávají potravou vyšších organizmů. Současně probíhají rozkladné procesy při odumírání organizmů. Uvedené procesy jsou převážně aerobní, probíhají jen v přítomnosti dostatečného množství rozpuštěného kyslíku. Anaerobní děje probíhají u dna a v bahně. Sekundárně však mají rovněž nárok na kyslík, neboť produkty anaerobního rozkladu přecházejí do vody a vstupují do aerobních procesů. Je-li nárok na kyslík velký a nestačí se zásoba doplňovat, pak koncentrace rozpuštěného kyslíku klesá, aerobní pochody přestávají probíhat a rovnováha ve vodě je vážně narušená.

Při posuzování samočisticí schopnosti povrchové vody se nezapočítává množství kyslíku vyprodukovaného při fotosyntéze vodních organismů, protože vlivem sezónních výkyvů je množství kyslíku značně kolísavé.

Podmínky přirozeného samočištění

Faktory ovlivňující samočištění

- Fyzikální – sluneční světlo, teplota, proudění a vlnění hladiny (turbulence vody).
- Chemické – koncentrace kyslíku rozpuštěného ve vodě.
- Biologické – dostatečné množství aktivních organismů. [16]

3.6.2 Stanovení čistícího účinku MVN

Při stanovení čistícího účinku nádrže vycházíme z předpokladu, že k poutání dusíku a fosforu na organickou masu fytoplanktonu je třeba zdržení v nádrži minimálně 14 až 21 dnů (optimálně 35 dnů). To vychází ze zkušenosti ověřené výzkumem, že za 1 týden je fytoplankton schopen poutat max. 20 % dusičnanových iontů, to znamená, že za 5 týdnů je to 81-100 %. Tento předpoklad ovšem platí pouze, pokud je ve vodě optimální poměr C:N:P = 40:10:1. Při nedostatku fosforu nedochází k dostatečnému rozvoji fytoplanktonu a N je poután pouze částečně. Dalším kritériem, které ovlivňuje poutání N a P, je hloubka průhlednosti vody v nádrži h stanovená podle ČSN 83 0530, která se pohybuje od 0,1 do 1,5 m.

$$V_{n1} = 0,0864 \cdot \sum_{i=1}^n \Delta t_i (\sum_{j=1}^m p_{ij} \cdot Q_{ij} - \sum_{k=1}^r o_{ik} \cdot Q_{ik})$$

i i – tý interval šetření

t_i doba trvání i – tého intervalu

j j – tý přítok do nádrže

p_{ij} koncentrace přínosu sledované látky do j – tého přítoku v i – tého šetření [mg.l^{-1}]

Q_{ij} průtok vody j – tého přítoku a i – tého šetření [l.s^{-1}]

k k – tý odtok do nádrže

o_{ik} koncentrace odnosu sledované látky do k – tého přítoku v i – tého šetření [mg.l^{-1}]

Q_{ik} průtok vody k – tého odtoku a i – tého šetření [l.s^{-1}]

Výsledky se vyhodnocují tabelárně, příp. se přepočítávají na 1 ha plochy nádrže. [18]

3.6.3 Zjištění trofického potenciálu

Trofie vod, nebo-li jejich úživnost, je možné hodnotit podle jejich potenciální produktivity. V praxi se používá standardizovaná metoda stanovení trofického potenciálu vody, který se vyjadřuje v mg sušiny řas na 1 l roztoku. [18]

Trofie povrchových vod se hodnotí na základě skutečné organické produkce nebo podle tzv. potenciální produktivity – metody ukazující maximální rozvoj producentů, který by mohl

natat za optimálních podmínek. Stanovení trofického potenciálu se provádí biotestem spočívajícím v kultivaci zelené řasy *Scenedesmus quadricauda* za standardních podmínek (osvětlení, teplota, přísuv CO_2 apod.) a ve sledování její růstové odezvy. Růstová odezva se určuje spektrofotometrickým stanovením koncentrace chlorofylu. Když je dosaženo jeho konstantní koncentrace, stanoví se sušina řasové biomasy a rozdíl mezi touto hodnotou a počáteční hodnotou (z přepočtené koncentrace vložené kultury) určuje trofický potenciál M_p [mg.l^{-1}].

Úryvek z elektronických skript „Monitoring a modelování“ (Ing. Daniel Mattas, CSc.)

Tabulka 3.4 Stanovení trofie nádrží

Stupeň trofie vody	Trofický potenciál [mg.l^{-1}]
1. Ultraoligotrofní (velmi slabě úživné až neúživné)	do 5
2. Oligotrofní (slabě úživné)	5 – 20
3. Mesotrofní (středně úživné)	50 -200
4. Eutrofní (silně úživné)	200 – 500
5. Polytrofní (velmi silně úživné)	500 – 1000
6. Hypertrofní (vysoce úživné)	nad 1000

3.6.4 Význam rostlin v procesu čištění

V procesu čištění povrchových, ale i odpadních vod (kořenové čistírny odpadních vod) plní vegetace řadu důležitých a nezastupitelných funkcí, které je možné shrnout do těchto bodů:

- Rostliny využívají živiny a stopové prvky obsažené v čištěné vodě k tvorbě biomasy a takto se výrazně podílejí na snížení nebezpečí eutrofizace.
- Vegetace vytváří příznivé podmínky pro rozvoj mikroorganismů, nezbytných pro plnou funkci čistících procesů.
- Řasy a sinice produkují v procesu fotosyntézy kyslík a takto napomáhají k vyrovnaní kyslíkové bilance.
- Transpirací převádějí značnou část vody do ovzduší, vytvářejí příznivé mikroklima v okolí vodních ploch.
- Rostliny v zimním období vytvářejí svým opadem tepelnou izolaci filtračního lože (kořenové čistírny) a výrazně snižují hloubku promrzání. Stařinu je třeba na jaře odstranit, aby nebyla zdrojem sekundárního znečištění.
- Většina rostlin plní i estetickou funkci v krajině a urbanizovaném prostředí.

- Enviromentální charakter přírodního způsobu čištění není myslitelný bez vegetace. [21]

3.6.5 Oxygenace povrchových vod

Oxygenace, neboli také zvyšování koncentrace kyslíku ve vodě. Koncentrace kyslíku obsaženého ve vodě je význačným ukazatelem biologického znečištění povrchových vod. Je to významné kritérium určující účinnost samočisticích procesů, zahrnující nitrifikační i denitrifikační procesy ve vodách.

Zdroje kyslíku v nádržích tvoří:

- Přitékající *povrchová voda* z přítoků, *podzemní voda*.
- *Atmosferickou reaerací*
 - Kyslík získaný přestupem vzdušného kyslíku z atmosféry na styku s vodní hladinou nádrže.
- *Fotosyntézou*
 - Ve vegetačním období jsou producenty kyslíku řasy a jiné zelené vodní rostliny.
- *Umělým provzdušňováním* – Využívá se různých druhů aerátorů,
 - mechanická aerace,
 - provzdušňování hydroelektrárnami,
 - provzdušňování na jezech a přepadech,
 - přidávání kyslíku na základě měření kyslíkové sondy,
 - přidávání okysličovadla (peroxid vodíku). [21]

3.7 ZTRÁTA PŮDY VODNÍ EROZÍ NA ZÁKLADĚ ROVNICE USLE

Vodní eroze je vyvolávána destrukční činností dešťových kapek, povrchového odtoku a následným transportem uvolněných půdních částic povrchovým odtokem. Intenzita vodní eroze je dána charakterem srážek a povrchového odtoku, půdními poměry, morfologií území (sklonem, délkou a tvarem svahů), vegetačními poměry a způsobem využití pozemků, včetně používaných agrotechnologií. Uvolňování a transport půdních částic může být vyvolán i odtokem z tajícího sněhu.

K určování ohroženosti zemědělských půd vodní erozí a k hodnocení účinnosti navrhovaných protierozních opatření se podobně jako v jiných zemích i v České republice nejvíce používá tzv. „Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE“

Ta vycházející z principu přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku, jehož parametry jsou definovány a odvozeny z rozměrů standardních elementárních odtokových ploch o délce 22,13 m a sklonu 9 %, jejichž povrch je po každém přívalovém dešti mechanicky kypřen ve směru sklonu svahu jako úhor bez vegetace. Hodnota přípustné ztráty půdy slouží ke stanovení míry erozního ohrožení pozemku a je definována jako maximální velikost eroze půdy, která dovoluje dlouhodobě a ekonomicky dostupně udržovat dostatečnou úroveň úrodnosti půdy. [11]

K výpočtu odnosu zeminy se využívá rovnice USLE:

$$G = R * K * L * S * C * P [t.ha^{-1}.rok^{-1}]$$

R faktor erozní účinnosti přívalového deště [$MJ.ha^{-1}.cm.h^{-1}$]

K faktor erodovatelnosti půdy

L faktor délky svahu

S faktor sklonu svahu

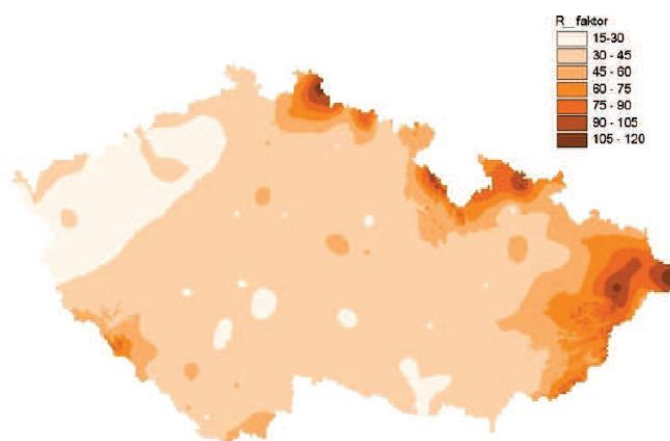
C faktor ochranného vlivu vegetace

P faktor účinnosti protierozních opatření

3.7.1 Faktor erozní účinnosti přívalového deště R

Faktor erozní účinnosti srážek R tedy závisí na četnosti výskytu srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a úhrnu. Roční hodnota faktoru R se proto určuje z dlouhodobých záznamů o srážkách a představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přívalových dešťů, které se v daném roce vyskytly.

S ohledem na celou řadu problémů metodického a zatím ne zcela spolehlivého podkladového charakteru, které stanovení R faktoru provázejí, nezdá se být zatím účelné R faktor pro území České republiky regionalizovat, ale používat v USLE – pro naprosto převažující plochu zemědělské půdy České republiky průměrnou roční hodnotu R – faktoru = $40 MJ.ha^{-1}.cm.h^{-1}$.



Obrázek 3.6 Upravené průměrné hodnoty R-faktoru v $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$ na území ČR [11]

3.7.2 Faktor erodovatelnosti půdy K

K faktor, tedy schopnost půdy infiltrovat a odolávat rozrušujícím účinkům dopadajících kapek. Faktor erodovatelnosti půdy K (resp. náchylnosti půdy k erozi) je v USLE definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřená v $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na jednotku faktoru erozní účinnosti deště R ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$).

Faktor erodovatelnosti půdy lze stanovit:

1. podle vztahu odvozeného pro faktor K,
2. podle nomogramu sestrojeného na základě uvedeného vztahu,
3. přibližně podle hlavních půdních jednotek (HPJ) bonitační soustavy půd nebo podle půdních typů, subtypů a variet Taxonomického klasifikačního systému půd ČR.

U prvních dvou postupů stanovení je třeba mít k dispozici základní charakteristiky dané půdy, resp. výsledky rozborů přímo v terénu odebraných směsných půdních vzorků z různých míst vyšetřovaného pozemku (zpravidla nejohroženějších).

3.7.3 Faktor ochranného vlivu vegetace C

Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje přímou ochranou povrchu půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku a nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména na pórovitost a propustnost, včetně omezení možnosti zanášení pórů jemnými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem.

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době výskytu přívalových dešťů (měsíce duben až září). Proto dokonalou protierozní ochranu představují

porosty trav a jetelovin, zatímco běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny (kukuřice, okopaniny, sady a vinice) chrání půdu nedostatečně.

Pro řešení protierozní ochrany pozemků a posouzení jejich dlouhodobé erozní ohroženosti se faktor C stanoví pro danou strukturu pěstovaných plodin podle postupu jejich střídání na pozemcích, včetně období mezi střídáním plodin a při určení nástupu a způsobu agrotechnických prací v 5 – ti obdobích:

1. období podmínky a hrubé brázdy,
2. období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení,
3. období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimů do 30.4.,
4. období od konce 3. období do sklizně,
5. období strniště.

Váhu hodnot C-faktoru v jednotlivých pěstebních obdobích je nutné korigovat procentuálním rozdělením R-faktoru v průběhu roku.

Tabulka 3.5 Průměrné hodnoty C faktoru pro jednotlivé plodiny

Plodina	C faktor	Plodina	C faktor
Pšenice ozimá	0,12	Chmelnice	0,8
Žito ozimé	0,17	Řepka ozimá	0,22
Ječmen jarní	0,15	Slunečnice	0,6
Ječmen ozimý	0,17	Mák	0,5
Oves	0,1	Ostatní olejniny	0,22
Kukuřice na zrno	0,61	Kukuřice na siláž	0,72
Luštěniny	0,05	Ostatní píceiny jednoleté	0,02
Brambory rané	0,6	Ostatní píceiny víceleté	0,01
Brambory pozdní	0,44	Zelenina	0,45
Louky	0,005	Sady	0,45

3.7.4 Faktor délky svahu L

Síla eroze se zvyšuje s prodlužující se délkou svahu. Hodnotu L-faktoru stanovím ze vztahu:

$$L = (l / 22,13)^m$$

22,13..je délka standardního pozemku (m),

l horizontální projekce délky svahu (uvažuje se nepřerušená délka svahu); není to vzdálenost rovnoběžná s povrchem půdy (m),

m exponent sklonu svahu vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze.

3.7.5 Faktor sklonu svahu S

Intenzita eroze se zvyšuje s rostoucím sklonem svahu. Vliv je ještě výraznější, než je vliv délky svahu. Ve vyšetřovaném úseku je sklon povrchu 3,85 %, proto byl použit vztah pro sklon do 9 %.

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03$$

θje úhel sklonu svahu v (m/m)

3.7.6 Faktor účinnosti protierozních opatření P

Faktory jsou uvedeny v tabulce 3.6. Jestliže na pozemku nejsou tato opatření uplatněna nebo nelze předpokládat, že by byly dodrženy uvedené podmínky maximálních délek a počtů pásů, nelze s účinností příslušných opatření vyjádřených hodnotami faktoru P počítat a hodnota faktoru P = 1.

Tabulka 3.6 Hodnoty faktoru protierozních opatření P

Protierozní opatření	Sklon svahu [%]			
	2-7	7-12	12-18	18-24
Maximální délka pozemku po spádnicí při konturovém obdělávání	120 m	60 m	40 m	-
	0,6	0,7	0,9	1,0
Maximální šířka a počet pásů při pásovém střídání	40 m	30 m	20 m	20 m
	6 pásů	4 pásy	4 pásy	2 pásy
Okopanin s víceletými pícninami	0,30	0,35	0,40	0,45
Okopanin s ozimými obilovinami	0,50	0,60	0,75	0,90
Hrázkování, resp. brázdování podél vrstevnic	0,25	0,30	0,40	0,45

3.7.7 Přípustná ztráta půdy vodní erozí

Hodnoty přípustné ztráty půdy erozí jsou stanoveny především z hlediska dlouhodobého zachování funkcí půdy a její úrodnosti. V současné době, vzhledem ke změně způsobů hospodaření a k rozsáhlému zatravňování či zalesňování orné půdy, je velmi důležité v našich podmínkách více chránit i půdy hluboké, které jsou primárně určené pro intenzivní zemědělskou výrobu.

Použitím příslušných hodnot faktorů pro vyšetřovaný pozemek v univerzální rovnici se určí dlouhodobá průměrná ztráta půdy vodní erozí v $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ při současném či navrhovaném způsobu využívání řešeného pozemku. Pokud vypočtená ztráta půdy překročí hodnotu přípustné ztráty půdy je zřejmé, že způsob využívání pozemku nezabezpečuje dostatečnou protierozní ochranu. Proto je nutné uplatnit účinnější protierozní opatření, jejichž vliv se vyjádří změnou faktorů univerzální rovnice a opětovným výpočtem se přesvědčit, zda navržená ochranná opatření jsou dostatečná a zajišťují snížení dlouhodobé ztráty půdy erozí pod úroveň přípustné ztráty půdy.

Pozemky s mělkými půdami s hloubkou do 30 cm by neměly být využívány pro polní výrobu a doporučuje se jejich převedení do kategorie trvalých travních porostů nebo je zalesnit. U půd středně hlubokých a hlubokých nad 30 cm je doporučeno aplikovat jednotnou hodnotu přípustné ztráty půdy ve výši 4 ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$).

Podle nejnovějších studií se ukazuje, že přípustné hodnoty erozního smyvu, které ještě nezpůsobují výraznější eutrofizaci vod, se pohybují v rozmezí od 0,5 do 2 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ v závislosti na půdním druhu, typu a aktuálním obsahu živin v půdě.

Při vypracování kapitoly o ztrátě půdy vodní erozí bylo využito Metodiky „Ochrana zemědělské půdy před erozí“, která byla vydaná ČZU Praha, Fakultou životního prostředí a doporučena Ústředním pozemkovým úřadem jako certifikovaná metodika. [11]

3.8 ZTRÁTA VODY Z MVN

Ztráty vody v nádržích jsou tvořeny výparem z vodní hladiny, transpirací vodních rostlin, infiltrací vody do dna nádrže, průsakem hrází, netěsností objektů provozními ztrátami a dočasnou ztrátou vody zamrznutím. [14]

3.8.1 Ztráta vody výparem

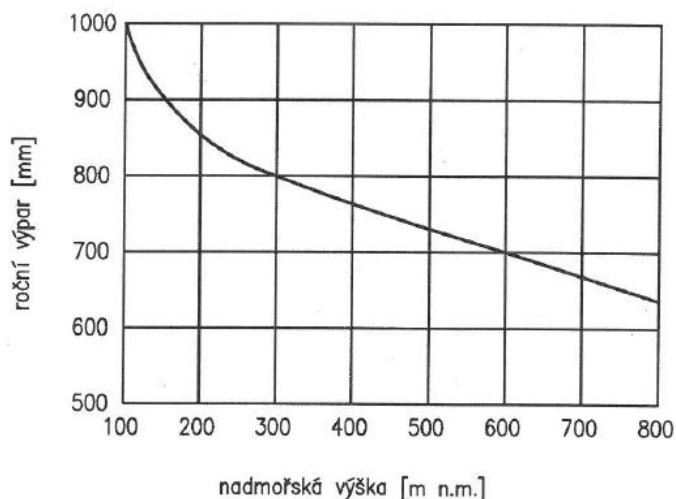
Výpar z vodní hladiny závisí na teplotě, napětí vodních par ve vzduchu, na rychlosti větru a na velikosti plochy hladiny. Při výpočtu ztrát výparem pro danou lokalitu vycházíme z přímých měření. Vyhodnocené údaje se získávají u Českého hydrometeorologického ústavu. V případě blízkých podmínek se získají potřebné údajem přepočtem s využitím metod analogie. Další možností stanovení výparu z vodní hladiny je využití monogramu podle ČSN 75 2410. Přibližné rozdělení výparu z vodní hladiny v jednotlivých měsících v roce podle tabulky

uvedené v normě (viz obrázek 3.7), která umožní praktické rozpočítání hodnoty ročního výparu procentuálně na jednotlivé měsíce. [18]

ČSN 75 2410

Příloha B (informativní)

Orientační hodnoty výparu z volné hladiny



Tabulka B.1 – Přibližné rozdělení výparu na jednotlivé měsíce v roce

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Procento ročního výparu [%]	2	2	4	8	11	14,5	18	17	11,5	7	4	3

Obrázek 3.7 Orientační hodnoty výparu z vodní hladiny podle ČSN 75 2410 [6]

3.8.2 Ztráty vody transpirací rostlin

Ztráta vody transpirací závisí na poměru zarostlé plochy k volné hladině a na růstové fázi vegetace. V době maximálního růstu vlhkomilných rostlin (červen až srpen) je ztráta vody transpirací 3,5 až 5 krát větší než ztráta vody výparem z volné hladiny. Celkový výpar ze zarostlé i nezarostlé vodní plochy je možno určit přenásobením výparu z volné hladiny opravným součinitelem dle odhadnutého podílu zarostlé plochy vzhledem k volné hladině. [14]

Tabulka 3.7 Opravné součinitele pro stanovení výparu ze zarostlé vodní plochy [14]

Podíl zarostlé plochy [%]	10	30	50	75
Opravný součinitel	1,03	1,08	1,14	1,22

3.9 OBJEM PŘÍMÉHO ODTOKU

3.9.1 Metoda čísel odtokových křivek (CN)

Metoda představuje jednoduchý srážkoodtokový model s poměrně snadno zjistitelnými vstupy, dostatečně přesný, použitelný pro stanovení objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku způsobeného návrhovým přívalovým deštěm o zvolené pravděpodobnosti výskytu v zemědělsky využívaných povodí, či jejich částech o velikosti do 10 km². Přímý odtok zahrnuje odtok povrchový a odtok hypodermický. Podíly tohoto typu odtoku na celkovém odtoku se stanovují pomocí tzv. čísel odtokových křivek - CN. Čím větší hodnota CN, tím je pravděpodobnější, že se jedná o povrchový odtok. Odtok vody je obecně ovlivněn množstvím srážek, infiltrací vody do půdy, vlhkostí půdy, druhem vegetačního pokryvu, nepropustnými plochami a retencí povrchu. [11]

3.9.2 Objem přímého odtoku

Metoda CN – křivek určuje objem přímého odtoku na základě předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadržen. Odtok začíná po počáteční ztrátě, která je součtem intercepce, infiltrace a povrchové retence. Tato počáteční ztráta byla stanovena na základě experimentálních měření na 20 % potenciální retence ($I_a = 0,2A$)

Základní vztah pro určení výšky přímého odtoku:

$$H_o = (H_s - 0,2A)^2 / (H_s + 0,8A) \quad \text{pro } H_s \geq 0,2A$$

$$A = 25,4(1000/CN - 10)$$

$$O_{pH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o$$

H_o přímý odtok (mm)

H_s úhrn návrhového deště (mm)

A potenciální retence (mm), vyjádřená pomocí čísel odtokových křivek (CN)

O_{pH} objem přímého odtoku (m³)

P_pplocha povodí (km²)

Návrhový déšť

O hodnotu úhrnu návrhového deště pro vyšetřovanou lokalitu je nutné požádat ČHMÚ. Rámcově lze použít hodnoty úhrnů maximálních 24 – hodinových srážek s návrhovou četností výskytu pro nejbližší stanici ČHMÚ.

Čísla odtokových křivek

Čísla odtokových křivek (CN) jsou určena podle:

- a) *hydrologických vlastností půd* rozdělených do 4 skupin – A, B, C, D, na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém syčení.
- b) *vlhkosti půdy* určované na základě 5 – ti denního úhrnu předcházejících srážek, resp. Indexu předchozích srážek (IPS) ve 3 stupních, kdy IPS I odpovídá takovému minimálnímu obsahu vody v půdě, který ještě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání, při IPS III je půda přesycena vodou z předcházejících dešťů. Pro návrhové účely se uvažuje IPS II, pro střední nasycení půdy vodou.
- c) *využití půdy* – vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření. [11]

4 PRAKTICKÁ ČÁST – REVITALIZACE MALÉ VODNÍ NÁDRŽE DOLINA V K.Ú. NÍHOV

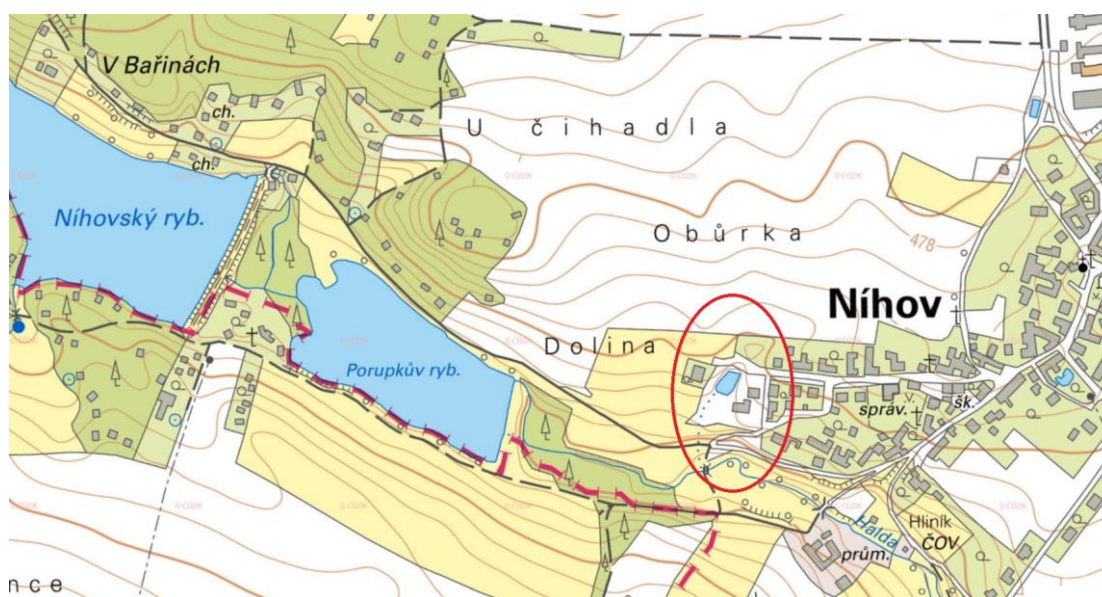
4.1 POPIS LOKALITY

4.1.1 Obecný popis lokality

Obec Níhov se nachází v Jihomoravském kraji v okrese Brno-venkov. Rozkládá se na úpatí Českomoravské vrchoviny, přesněji tedy v Křižanovské vrchovině. Níhov má nyní 226 obyvatel. [10] Rozloha jeho katastrálního území je 4,94 km². Svoji polohou Níhov spadá do správního obvodu Tišnova, který je vedený jako obec s rozšířenou působností. Tišnov je vzdálen přibližně asi 12 km západně. Další větším městem v blízkosti obce je 10 km severně vzdálená Velká Bíteš, kde je i dálniční sjezd na dálnici D1 Praha-Brno. Níhovem prochází silnice III/3796 od Katova, na tuto silnici navazuje místní komunikace směrem na Lubné. Pro místní hromadnou dopravu je velmi důležité, že je obec zařazená v systému IDS JMK a 1 km od obce se nachází železniční zastávka na trase Brno – Havlíčkův Brod.

Vesnice leží ve zvlněné krajině o nadmořské výšce od 455 do 490 m n.m. Podle územního plánu je systém ekologické stability krajiny tvořen dvěma větvemi. První větev hydrofilní prochází nivou toku Halda, v území jsou navržena dvě lokálními biocentra – Na Níhovském rybníku a Halda pod Níhovem; propojena jsou lokálními biokoridory sledujícími údolní nivu a vodní tok. Druhá větev mezofilní prochází katastrem východozápadním směrem z biocentra Dolní Solníky do biocentra V Lišínách a odtud do smíšeného biocentra Na Níhovském rybníku převážně po lesní půdě.

4.1.2 Charakteristika MVN



Obrázek 4.1 Přehledná situace (zdroj: ikatastr.cz)

Základní údaje o nádrži

- **Název povodí:** Povodí Moravy
- **Plocha povodí:** 0,068 km²
- **Vlastník nádrže:** Obec Níhov
- **Zasažené pozemky:**
 - *Recipient:* p.č. 1153 (vlastník: Česká republika; Právo hospodařit s majetkem státu: Lesy České republiky, s.p.)
 - *Odpadní koryto:* p.č. 1152 (vlastník: Obec Níhov)
 - *Spodní propustek:* p.č. 1157 (vlastník: Obec Níhov); zpevněná komunikace s živičným krytem
 - *Hráz:*
 - p.č.1416
 - p.č.1158
 - p.č.1481(vlastník: Obec Níhov)
 - *Nádrž:* p.č. 1333 (vlastník: Obec Níhov)
 - *Horní propustek:* p.č. 1600 (vlastník: Obec Níhov), nezpevněná komunikace s krytem z recyklovaného živičného krytu
 - *Horní nádrž:* p.č. 1572 (vlastník: Obec Níhov)
- **Plocha hladiny při max. hladině:** 770 m²
- **Délka hráze:** 22 m
- **Šířka koruny hráze:** 48 m
- **Šířka koruny cesty mezi nádržemi:** 22 m
- **Maximální hloubka vody (při max. hladině):** 2,1 m

- **Kóta koruny hráze:** 465,82 m.n.m.
- **Kóta koruny horní komunikace:** 467,80 m.n.m.
- **Kóta dna nádrže:** 463,62 m.n.m.
- **Kóta vyústění horního propustku:** 465,29 m.n.m.

Popis nádrže

Nádrž se nachází v západní části obce Níhov. Je umístěna v lokální prohlubni zvané „Dolina“. Až do doby, kdy se nádrž pro svůj nevhodný stav přestala využívat, byl její hlavním smyslem chov ryb, dříve i chov vodní drůbeže. Vrchní část údolí je od hlavní části oddělena zemním hliněným náspem. V jeho koruně se nachází příjezdová komunikace k nově vznikající zástavbě rodinných domů. Hráz nádrže je vybudována jako čelní, pojižděná a pravděpodobně homogenní. Při pozorování nebyl zjištěn žádný průsak. Hráz je na hloubku nadržení v nádrži velmi široká, v koruně 48 m, pravděpodobně proto nebyly zjištěny žádné problémy se stabilitou i přesto, že na vzdušném lící je patrné ukládání netříděné stavební suti.

Nádrž se řadí mezi nebeské, nemá tedy stálý přítok vody, plní se pouze vodou srážkovou. To znamená, že je nádrž neprůtočná a hlavní zdroj vody tvoří drenáž ze zemědělských pozemků nad nádrží. Tato drenáž je vyústěná v horní části nádrži. Drenáž má zbudovaný monolitický výustní objekt, který je ve velmi zašlém, nikoliv však dezolátním stavu. Drenáž je tvořena potrubím DN 150 mm. Do nádrže je také zaústěno potrubí dešťové kanalizace z nově vznikající části obce. Přítok je pravostranný. Potrubí je předimenzováno a je zbudováno z kanalizačního PVC potrubí DN 250 mm. Průchod vody z horní části nádrže přes zemní násep je zabezpečený dvěma kanalizačními PVC troubami DN 500 mm. Náspem jsou také vedeny inženýrské sítě, tedy středotlaký plynovod, obecní vodovod, obecní tlaková splašková kanalizace i vedení elektrického proudu.

Díky přítoku tvořeného téměř pouze z vody prosáknuté zeminou povodí není uvažováno s nebezpečím příchodu povodňové vlny. I v nepříliš reálné situaci přelítí, není v případné zátopě možnost ohrožení na životech, ani výrazného ohrožení na majetku, což bylo ověřeno průzkumem v terénu. V závislosti na těchto faktorech není u nádrže vybudován bezpečnostní objekt. Toto řešení se již osvědčilo, proto se ani v mnou navrhovaných řešeních s výstavbou bezpečnostního objektu neuvažuje. Tuto úvahu je však nutné komplexně posoudit a prokázat bezpečnost díla. Podrobnější informace lze nalézt v TNV 75 2635. [25]

K vypouštění nádrže slouží monolitický požerák atypické konstrukce. Kdy v přední části je dlužová stěna sloužící k regulaci hladiny. V druhé části se nachází kontrolní šachta, v které přechází odpadní potrubí DN 250 mm na betonové potrubí DN 600 mm. Toto potrubí pak dále prochází hrází a ústí u paty hráze. V minulosti byla snaha vyústění odpadního potrubí stabilizovat betonovými prefabrikovanými tvárnicemi vysypanými zeminou. Současný stav je však nevyhovující.

Odtok ze spodní výpusti je realizovaný otevřeným korytem přírodního charakteru. Opevnění břehu je tvořeno zatravněním a zpevněno kořenovým systémem stromů rostoucích podél koryta. Průchod pod komunikací umožňuje propustek z potrubí DN 250 mm. Ten je však, tak jako výustní objekt, v dezolátní a zanešeném stavu i odpadní koryto již je velmi zaneseno sedimentem. Odtok ústí do potoku Halda v místě nazývaném „Brod“.

Vodní nádrž má po obou březích nezpevněné polní komunikace, více namáhaná je ta na levém břehu. Z důvodu příkrého sklonu svahu, způsobeného nevhodným odtěhováním sedimentu v minulosti a provozu těžké zemědělské techniky dochází k postupnému utržení krajnice. Vodní nádrž je bez problémů přístupná těžké mechanizaci po asfaltové komunikaci skrze obec Níhov.

Udávané kóty a rozměry vychází pouze z terénního měření, je tedy nutné před dalšími stupni plánovací dokumentace provést podrobné geodetické zaměření.

4.1.3 Charakteristika přírodních podmínek

Klimatické poměry

Dle Quitových klimatických charakteristik se obec nachází v teplé klimatické oblasti MT4. Pro mírně teplou klimatickou oblast MT4 je charakteristické krátké léto, které je mírné, teplé a suché, přechodné období s mírným a krátkým jarem i podzimem, mírně teplou suchou zimou.

Tabulka 4.1 Quitova klasifikace klimatické oblasti MT4 [12]

Klimatická oblast	MT4
Počet letních dnů	20 – 30
Počet s prům. teplotou 10°C a více	140 – 160
Počet mrazových dnů	110 – 130
Počet ledových dnů	40 – 50
Průměrná teplota v lednu [°C]	-2 – -3
Průměrná teplota v červenci [°C]	16 – 17
Průměrná teplota v dubnu [°C]	6 – 7
Průměrná teplota v říjnu [°C]	6 – 7
Počet dnů se srážkami 1 mm a více	110 – 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 – 450
Srážkový úhrn v zimním období	250 – 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 – 80
Počet dnů zamračených	150 -160
Počet dnů jasných	40 – 50

Lokalita se nachází v srážkovém stínu Českomoravské vrchoviny, průměrné roční srážky se tak pohybují v rozmezí 500-700 mm a průměrná roční teplota se pohybuje kolem 7°C.

V blízkém okolí zájmové oblasti se nenachází žádná meteorologická stanice. Nejbližší odpovídající meteorologická stanice se nachází ve Velké Meziříčí (440 m. n. m.; 49°22' s. š. 16°01' v. d.), která je zhruba 17,5 km západně.

Tabulka 4.2 Charakteristiky z Podnebí ČSSR - tabulky (1961) pro stanici Velké Meziříčí

Sledovaný děj		
Nejvyšší průměrná teplota vzduchu	červenec	16,8 °C
Nejnižší průměrná teplota vzduchu	Leden	-3,2 °C
Průměrný roční srážkový úhrn	-	617 mm
Průměrně nejdeštivější období	červen až srpen	220 mm
Nejvyšší průměrná hodnota trvání slunečního svitu	červenec	252 hod.
Nejnižší průměrná hodnota trvání slunečního svitu	prosinec	32 hod.
Průměrný roční úhrn	-	1724 hod
Největší průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou	Leden	27 dní
Průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou za rok	-	94,4 dní
Nejčtenější větry	západní	19,8 %
Bezvětrí	-	23,8 %

Geologické a půdní poměry

Níhov se nachází na úbočí geomorfologického celku Českomoravské vrchoviny, která patří do oblasti Brněnské vrchoviny. Ta náleží do Česko-moravské subprovincie a je součástí České vysočiny (Českého masivu). Z geologické mapy vyplývá, že v zájmové oblasti jsou nejvýrazněji zastoupeny horniny migmatitu až ortoruly.

Pro bližší informace o vlastnostech a zrnitostní charakteru je však nutné provést odběr vzorků a jejich odborné vyhodnocení.

Nejbližší již provedený vrt:

Tabulka 4.3. Informace o nejbližším průzkumném vrtu z portálu České geologické služby [9]

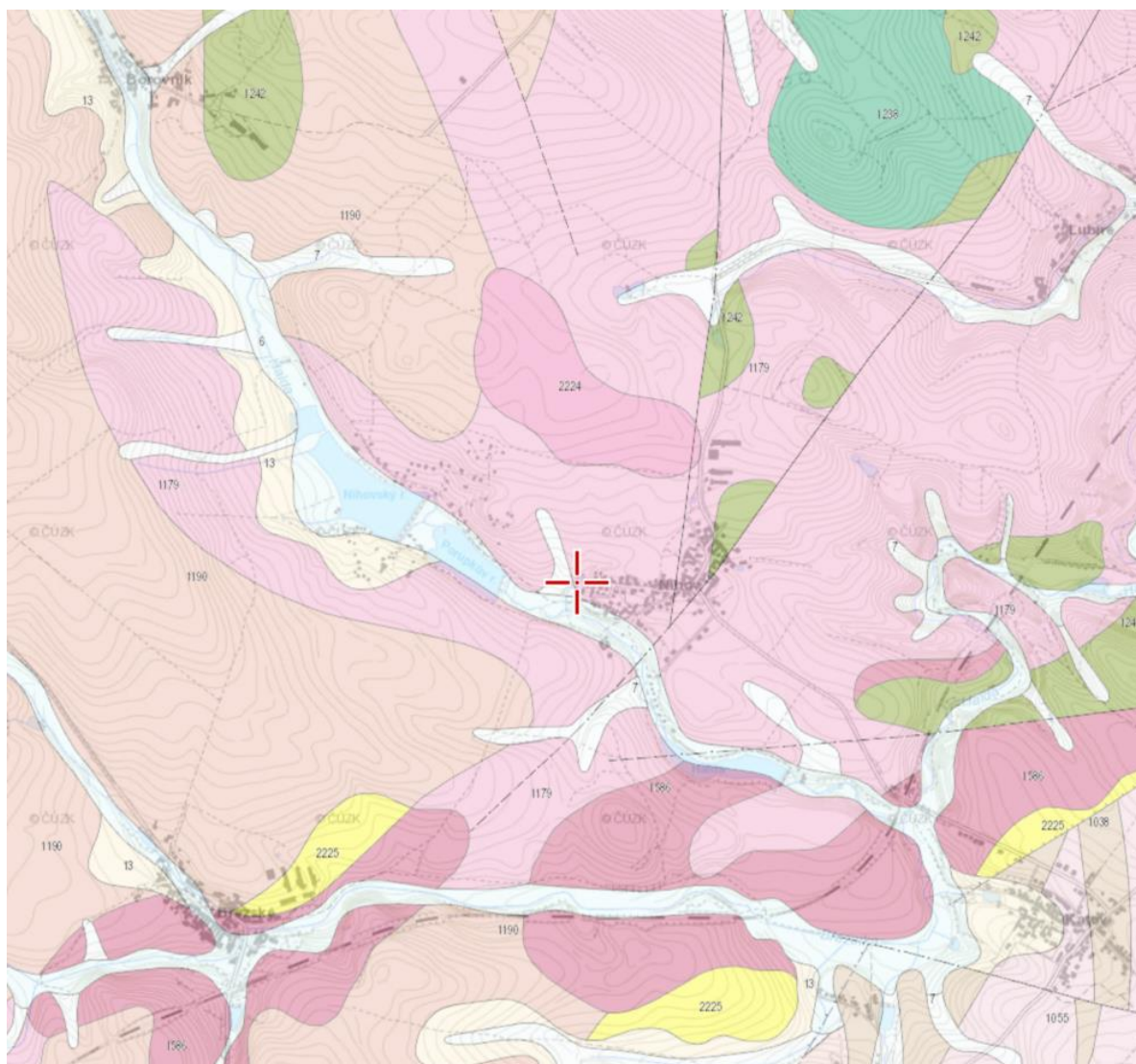
Signatura	GF P149437
Autor:	BALUN, Dan; BENDOVIÁ, Lenka
Název:	Zpráva IG a HG průzkumu Níhov - p.č. 1281/1 - RD
Rok vydání:	2016
Deskriptory:	agresivita; analýza vod; hladina podzemní vody; pozemní a průmyslové stavby; srážky; vrtané sondy; vrtný profil; základová půda; zasakování vod; zkoušky vsakovací
Anotace:	2 jádrové vrty do hl. 4,0 a 2,5 m. Podzemní voda zastižena. Ověření základových poměrů pro plánovanou výstavbu rodinného domu a vsakovací zkoušky s cílem zjistit možnost vsakování srážkových vod.

4.1.3.1.1 Přiřazení ke geomorfologické jednotce

Z pohledu horopisného patří oblast Níhova do systému Hercynského, subsystému Hercynská pohoří, provincie I Česká vysočina, subprovincie I2 Česko-moravská soustava, oblast I2C Českomoravská vrchovina, celek Křižanovská vrchovina, podcelek Bítešská vrchovina.



Obrázek 4.2. Fotografie s typem zeminy nacházející se v zájmové lokalitě



Hranice geologických jednotek

- hranice zjištěná
- - - hranice pravděpodobná
- přechod litologický
- - - mylonitizovaná zóna
- přesmyk zjištěný
- přesmyk předpokládaný
- - - přesmyk zakrytý
- přesmyk zjištěný s mylonitizací
- přesmyk předpokládaný s mylonitizací
- - - přesmyk zakrytý s mylonitizací

- zlom zjištěný
- - zlom předpokládaný
- - zlom zakrytý
- zlom násunový zjištěný
- - zlom násunový předpokládaný
- - zlom násunový zakrytý

Obrázek 4.3 Geologická mapa 1:50 000 s legendou [8]

Legenda:

KENOZOIKUM

KVARTÉR



nivní sediment [ID: 6]

Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: holocén, Horniny: hlína, písek, štěrk, Typ hornin: sediment nezpevněný, Zrnitost: hlína, písek, štěrk, Poznámka: inundovaný za vyšších vodních stavů, Soustava: Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)



smíšený sediment [ID: 7]

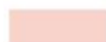
Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: holocén, Horniny: sediment smíšený, Typ hornin: sediment nezpevněný, Zrnitost: jemnozrnná převážně, Poznámka: včetně výplavových kuželu, Soustava: Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)



kamenitý až hlinito-kamenitý sediment [ID: 13]

Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Horniny: kamenitý až hlinito-kamenitý sediment, Typ hornin: sediment nezpevněný, Mineralogické složení: pestré, Zrnitost: kamenitá až hlinito-kamenitá, Barva: různá, Poznámka: místy bloky nebo eolická příměs, Soustava: Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)

PALEOZOIKUM AŽ PROTEROZOIKUM



dvoslídny svor [ID: 1034]

Eratém: paleozoikum až proterozoikum, Skupina: vranovsko-olešnická skupina, Horniny: svor, Typ hornin: metamorfít, Mineralogické složení: dvojslídny granát + staurolit ? kyanit, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moravskoslezská oblast, Region: moravikum
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)



dvojslídá pararula s granátem [ID: 1038]

Eratém: paleozoikum až proterozoikum, Skupina: vranovsko-olešnická skupina, šafovská skupina, Horniny: pararula, Typ hornin: metamorfít, Mineralogické složení: biotit, biotit muskovit ? granát, granát, Zrnitost: drobnozrnná, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moravskoslezská oblast, Region: moravikum
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)

PALEOZOIKUM AŽ PROTEROZOIKUM



eklogit [ID: 1238]

Eratém: paleozoikum až proterozoikum, Poznámka: paleozoikum - proterozoikum, archaikum, Horniny: eklogit, Typ hornin: metamorfít, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moldanubická oblast (moldanubikum), Region: metamorfní jednotky v moldanubiku, Poznámka: moldanubikum Českého lesa, šumavské, české, strážecké, moravské
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)



serpentinit [ID: 1242]

Eratém: paleozoikum až proterozoikum, Poznámka: paleozoikum - proterozoikum, archaikum, Horniny: serpentinit, Typ hornin: metamorfít, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moldanubická oblast (moldanubikum), Region: metamorfní jednotky v moldanubiku, Poznámka: moldanubikum Českého lesa, šumavské, české, strážecké, moravské
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)

PALEOZOIKUM AŽ PROTEROZOIKUM



migmatit až ortorula [ID: 1179]

Eratém: paleozoikum až proterozoikum, Skupina: gföhlská skupina, Horniny: migmatit, ortorula, Typ hornin: metamorfít, Barva: leukokratní, Poznámka: nebulitického typu, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moldanubická oblast (moldanubikum), Region: metamorfní jednotky v moldanubiku, Subjednotka: gföhlská skupina, Poznámka: moldanubikum Českého lesa, šumavské, české, strážecké, moravské
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)



pararula až migmatit [ID: 1190]

Eratém: paleozoikum až proterozoikum, Skupina: gföhlská skupina, Horniny: pararula, migmatit, Typ hornin: metamorfít, Poznámka: silně migmatitizovaná, stromatitického typu, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moldanubická oblast (moldanubikum), Region: metamorfní jednotky v moldanubiku, Subjednotka: gföhlská skupina, Poznámka: moldanubikum Českého lesa, šumavské, české, strážecké, moravské
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)

4.2 STÁVAJÍCÍ STAV

4.2.1 Objem přímého odtoku z povodí nádrže

Při výpočtu objemu přímého odtoku z povodí nádrže bylo vycházeno z certifikované metodiky doporučené Ústředním pozemkovým úřadem MZe o Ochráně zemědělské půdy před erozí od prof. Ing. Miloslava Janečka, DrSc. a kolektivu.

Využili jsme metodu CN – křivek, která určuje objem přímého odtoku na základě předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadržen. [11]

Návrhový dešť

Hodnoty úhrnů návrhového deště pro výpočet jsem získal z mapové portálu RAIN (rain.fsv.cvut.cz) poskytující webové služby a aplikace o krátkodobých deštích – návrhových srážkách. Stanovuje hodnotu N-letých maximálních denních úhrnů v prostorovém rozlišení 1 km. Vychází z odhadů šestihodinových úhrnů odvozených na základě desetileté řady adjustovaných radarových dat a pozemních měření. Jedná se sice o aktuálnější datový podklad (2002–2011), nicméně pro frekvenční analýzu dostupná desetiletá řada pozorování s sebou nese nejistoty zejména v oblasti úhrnů dlouhých dob opakování. Podrobný popis odvození těchto vrstev je teprve připravován k článku Müllera a kol. viz [22]. Ovšem vychází z metodiky pro Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině viz [23]. [24]

Délka návrhové srážky byla zvolena na 19 minut. Bylo užito předpokladu, že délka srážky se rovná době doběhu. Doba doběhu byla vypočtena pomocí Manningovi kinematické rovnici a rovnici pro soustředěný odtok o malé hloubce. (viz [11]) Výpočet byl zvolen pro stejnou linii jako 4.2.2 Výpočet odnosu zeminy vodní erozí.

Tabulka 4.4 Hodnoty návrhových srážek z portálu rain.fsv.cvut.cz

Doba opakování (let)	2	5	10	20	50	100
Hodnota návrhové srážky (mm)	13,9	20,5	25,2	30,9	38,1	43,7

Číslo odtokových křivek

- a) *Hydrologická skupina* byla určena pomocí hlavní půdní jednotky, nacházející se na území, tedy HPJ 29. Z toho vyplývá, že území spadá do hydrologické skupiny B. Tedy půdy se střední rychlostí infiltrace ($0,06 - 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité.
- b) *Vlhkost půdy* byla podle doporučení metodiky zvolena IPS II, tedy pro střední nasycení půdy vodou.
- c) *Využití půdy* bylo zvoleno po vlastním pozorování a konzultaci se zemědělci, kteří na vyšetřovaných pozemcích hospodaří. Pro tyto pozemky je typická výsadba úzkořádkových plodin (obiloviny) a to do přímých řádků vedených bez ohledu na sklon pozemku, tedy i po spádnicí. Pro výpočet jsou na pozemcích zvoleny hodnoty na stranu bezpečnou, tedy špatné hydrologické podmínky omezující infiltraci vody do půdy a zvyšující odtok, s menším množstvím posklizňových zbytků než při zanechání posklizňových zbytků na pozemcích.

Za zvolených podmínek je výsledkem CN křivka = 76. Po dosazení do výpočtových vzorců uvedených odst. 3.9.2 Objem přímého odtoku, však dochází ke kolizi s podmínkou umožňující použití vzorce pro výpočet přímého odtoku, která říká, že úhrn návrhového deště musí být větší, než 0,2 potenciální retence. Potenciální retence je v tomto výpočtu vyjádřena pomocí čísla odtokových křivek. To ve výsledku znamená, že na území vzniká pouze malý povrchový odtok, který je pomocí intercepce, infiltrace a povrchové retence zadržen na pozemku. [11]

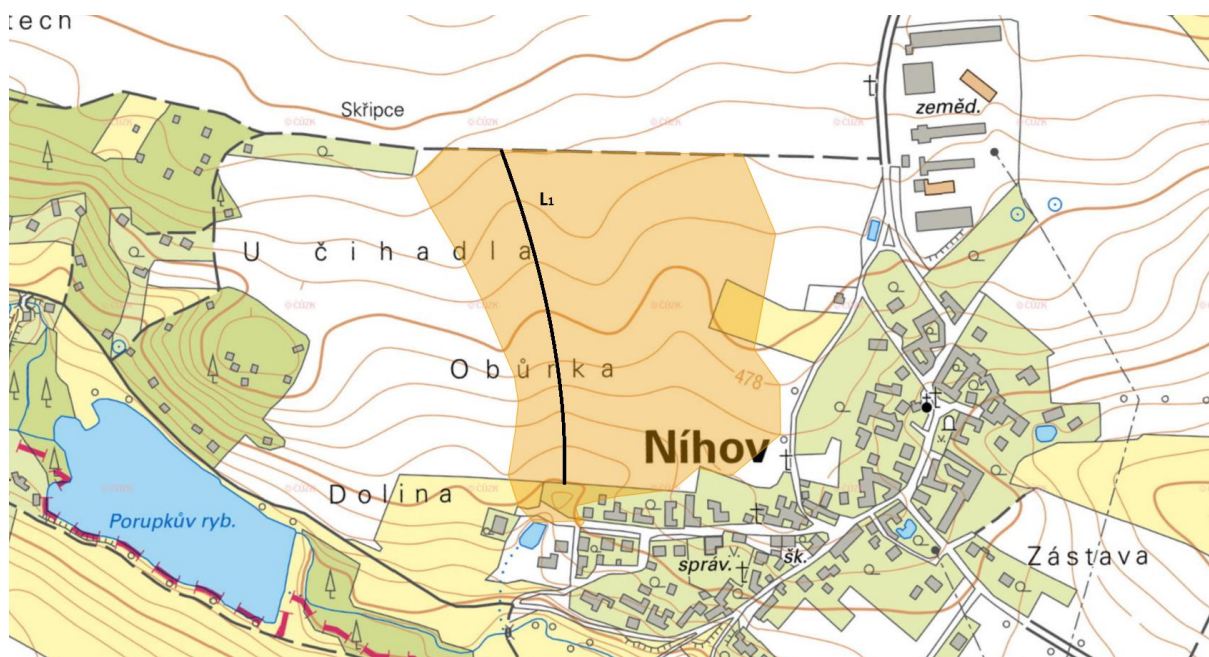
$$P_p = 0,068 \text{ km}^2$$

$$A = 384,85 \text{ mm}$$

$$I_a = 76,97 \text{ mm}$$

$$O_{ph} = 837,285 \text{ m}^3$$

4.2.2 Výpočet odnosu zeminy vodní erozí



Obrázek 4.4 Zvolená výpočtová linie odtoku L_1

Faktor erozní účinnosti přívalového deště

Byla zvolena průměrná hodnota R faktoru pro $\check{C}R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$, vycházející z metodiky „Ochrana zemědělské půdy před erozí“.

Faktor erodovatelnosti půdy

K faktor, byl určen z HPJ = 29, která se nachází na pozemku. Té podle metodiky „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ odpovídá K faktor = 0,32.

Faktor ochranného vlivu vegetace

Byl zvolen podle osevního plánu, který byl zjištěn od zemědělců hospodařících na pozemcích v místě vyšetřované linie. Je tvořen pouze 4 plodinami. Ani u jedné z nich nezůstává sláma, nebo jiné rostlinné zbytky na poli. Osevní plán je tvořen v následujícím sledu: 1. Ječmen ozimý, 2. Řepka ozimá, 3. Pšenice ozimá, 4. Kukuřice setá. Váha hodnot C-faktoru byla dle doporučení metodiky korigovaná procentuálním rozdělením R-faktoru podle jednotlivých pěstebních období. Období jsou dělena na pět částí: Podmítka a hrubá brázda, příprava předseťového lůžka a setí, doba růstu, období sklizně a období strniště. Výsledné C-faktory na vyšetřovaném pozemku:

Obiloviny po okopaninách a kukuřici	$C = 0,269$
Řepka ozimá	$C = 0,255$
Obiloviny po obilovinách (včetně Řepky ozimé)	$C = 0,255$
Kukuřice setá	$C = 0,498$

Faktor délky svahu

Síla eroze se zvyšuje s prodlužující se délkou svahu. Hodnotu L-faktoru stanovím ze vztahu:

$$L = (l / 22,13)^m [11]$$

Faktor sklonu svahu

Ve vyšetřovaném úseku je sklon povrchu 4,39 % proto byl použit vztah pro sklon do 9%.

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03$$

Faktor účinnosti protierozních opatření

Jelikož na pozemku nejsou uskutečňována žádná protierozní opatření, uvažujeme s hodnotou faktoru $P = 1$. Jedinou snahou o snížení vlivu eroze na pozemku je částečná orba ve směru vrstevnic.

Tabulka 4.5 Vyhodnocení ztráty půdy vodní erozí

Linie	L _{celkové}	S _{celkové}	L	S	G _{Ječmen ozimý}	G _{Řepka ozimá}	G _{Pšenice ozimá}	G _{Kukuřice}
[-]	[m]	[-]	[-]	[-]	[t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	[t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	[t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	[t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
L ₁₋₁	362	0,044	2,678	0,504	4,654	4,413	4,413	14,938

Ze zjištěných výsledku ročního odnosu zeminy, kdy u všech plodin, které jsou nad nádrží zařazeny do osevního plánu, je překročena limitní hodnota 4 t.ha⁻¹.rok⁻¹ přípustné ztráty půdy vyplývá, že je nutné učinit kroky k nápravě. Ovšem jak je patrné z předešlého výpočtu 4.2.1 Objem přímého odtoku z povodí nádrže, k výraznému povrchovému odtoku na pozemcích nad nádrží nedochází. Není tedy nutné vyšetřovat výrazné prostory pro sedimentaci těchto splachů. Takto výrazná změna ve výsledcích vznikla z důvodu použití průměrného R faktoru pro ČR doporučeného metodikou.

Za „normálních“ podmínek, by bylo vhodné doporučit v osevním plánu nahrazení kukuřice seté za jinou plodinu, protože její hodnoty 3,5 násobně převyšují povolenou mez. Jako řešení se jeví i zařadit jiné protierozní opatření, jako je rozčlenění pozemku, setí meziplodin a další.

4.2.3 Výpočet výparu z vodní hladiny dle normy ČSN 75 2410

Roční výpar		740	mm
Volná hladina	$F_o =$	770	m ²
Výška max. hladiny	$H_{max} =$	2,2	m
Délka	$D =$	35	m
Šířka	$\check{S} =$	22	m

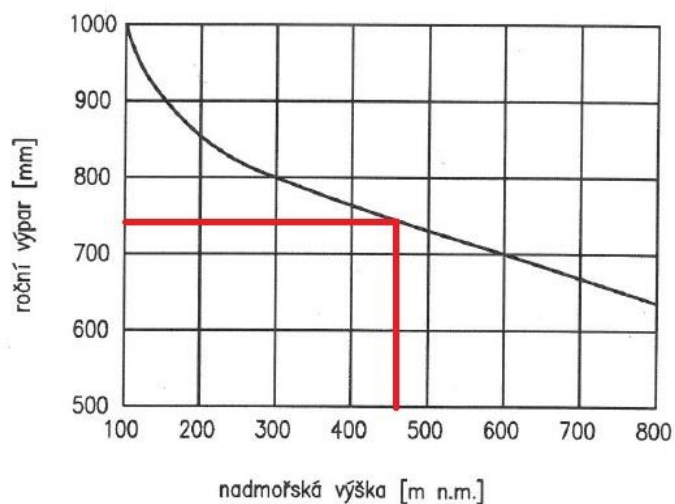
Tabulka 4.6 Rozdělení hodnoty ročního výparu procentuálně na jednotlivé měsíce

<i>Měsíc</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Procento ročního výparu [%]	2	2	4	8	11	14,5	18	17	11,5	7	4	3
Měsíční výpar [mm]	14,8	14,8	29,6	59,2	81,4	107	133	126	85,1	51,8	29,6	22,2
Výpar z hladiny [m³]	11,4	11,4	22,8	45,6	62,7	82,6	102,6	96,9	65,5	39,9	22,8	17,1
Celkový roční výpar [m³]	581											

ČSN 75 2410

Příloha B (informativní)

Orientační hodnoty výparu z volné hladiny



Tabulka B.1 – Přibližné rozdělení výparu na jednotlivé měsíce v roce

<i>Měsíc</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Procento ročního výparu [%]	2	2	4	8	11	14,5	18	17	11,5	7	4	3

Obrázek 4.5 Určení orientační hodnoty výparu z volné hladiny

4.2.4 Ztráta vody evapotranspirací

Ztráta vody transpirací rostlin je závislá na poměru zarostlé plochy k volné hladině. Celkový výpar ze zarostlé i nezarostlé vodní plochy je možno určit přenásobením výparu z volné hladiny opravným součinitelem dle odhadnutého podílu zarostlé plochy vzhledem k volné hladině. Ve výpočtu je vycházeno z celkového ročního výparu z hladiny vypočteného v 4.2.3. Výpočet výparu z vodní hladiny dle normy ČSN 75 2410, to znamená 581 m³. [14] Při současném stavu se tedy z nádrže výparem ztratí až 42 % z předpokládaného objemu 1694 m³, což má za následek snížení hladiny o cca 1 m.

Tabulka 4.7 Velikost ročního výparu po započtení evapotranspirace

Stav	Současný stav	Řešení č.1	Řešení č.2	Řešení č.3
Podíl zarostlé plochy (%)	75	0	10	50
Opravný součinitel	1,22	1,00	1,03	1,14
Hodnota celkového ročního výparu (m ³)	708,8	581,0	598,4	662,3

4.3 DŮVODY REVITALIZACE

V současné době je nádrž v pronájmu, ale pro svůj stav není jakkoliv využívána, ani zde není prováděná jakákoliv údržba. Ve snaze nápravy tohoto stavu zastupitelstvo obce projevilo přání o rekognoskaci stavu a nastínění možných řešení. V jarním období v ní dochází k samovolnému zvýšení hladiny a následně v průběhu roku téměř vysychá. Toto vysychání je pravděpodobně způsobeno netěsností a nezpůsobilým stavem spodní výpusti. V prostoru zátopy, u přítoku do nádrže, se také nacházejí dvě studny vybudované bez stavebního povolení, u kterých ovšem není počítáno s jejich dalším využíváním. U MVN byl proveden terénní průzkum, který se zaměřil na její aktuální stav. Bylo zjištěno několik hrubých vad, které téměř vylučují další využívání nádrže bez jejich nápravy. Jejich stav je doložen v příložené fotodokumentaci. Zde je krátký výpis nejzásadnějších z nich (pro lepší orientaci je poloha určena na obrázku č. 4.6.).



Obrázek 4.6. Situace nádrže - fotografie z portálu mapy.cz

1. V místě propustku odpadního koryta pod účelovou komunikací (betonové potrubí DN 400) již téměř došlo k ucpání potrubí. Při vypouštění nádrže by toto zanešení téměř jistě vedlo k přelití komunikace a narušení její stability a stavu.
2. V bodě č.2. je vyústěno odpadní potrubí (betonové potrubí DN 600) z požerákové spodní výpusti nádrže. Momentální dezolátní stav může při vypuštění vést až ucpání potrubí, které má jinak dostatečnou kapacitu. Pod výpustí není vytvořen žádný objekt pro tlumení energie vypouštěné vody.
3. Koruna hráze, která má šířku 48 m je nyní využívána jako parkoviště zemědělských strojů. Vlastníkem pozemku s parcelním číslem p.č.1416, kde se hráz nachází, je obec Níhov a nebylo dohledáno žádné povolení k tomuto využívání pozemku. Ze

zaparkovaných strojů hrozí únik olejů, maziv a pohonných hmot, které mohou výrazně ovlivnit kvalitu vody v nádrži. Zaparkované stroje narušují přírodní ráz nádrže.

4. Požerák je v současné době nefunkční, regulace hladiny, či řízené vypuštění nádrže není momentálně možné.
5. Vlivem provozu těžké zemědělské techniky na přiléhající komunikaci porušena stabilita břehu. Břeh se sesouvá do nádrže a je nutná jeho sanace, protože hrozí utržení účelové komunikace do nádrže.
6. Břehy i dno je velmi zarostlé náletovou vegetací. Je nutné její odstranění.
7. Dno nádrže je zaneseno sedimenty bohatými na živiny v tloušťce až 0,5 m, které mají vliv na kvalitu vody i velikost objemu nádrže.
8. Nátok i výtok propustku pod komunikací (2x PVC, DN 500) není jakkoliv opevněn. Může docházet k obtoku potrubí, vymílání a následně i narušení stability komunikace. Také zaústění dešťové kanalizace z nově vznikající ulice je bez jakékoliv ochrany proti rozrušování břehu přitékající vodou.
9. Na nezpevněné účelové komunikaci sloužící k přístupu do nově vznikající čtvrti obce vznikají při přívalových srážkách dráhy soustředěného odtoku a materiál z komunikace je zanášen do nádrže.
10. V prostoru přítoku do nádrže a záchytné, sedimentační části se nachází dvě studny vystavěné bez stavebního povolení. Jsou vybudovány z pravděpodobně betonových skruží o vnitřním průměru 1000 mm. V této části nádrže by bylo vhodné také odtěžení sedimentu, pro zvýšení provozního prostoru a prodloužení provozuschopnosti sedimentační schopnosti na přítoku.



Obrázek 4.7 Výtok horního propustku



***Obrázek 4.8** Stav nádrže – Podzim 2017*



***Obrázek 4.9** Stav nádrže – Jaro 2018*



Obrázek 4.10 Výtokový objekt spodní výpusti



Obrázek 4.11 Vyústění spodního propustku



Obrázek 4.12 Odpadní koryto spodní výpusti

4.4 MOŽNOSTI ŘEŠENÍ AKTUÁLNÍHO STAVU

Revitalizace by v první řadě měla odstranit nedostatky uvedené v kapitole 4.3, tak aby nehrozilo nebezpečí z nich vyplývající a byla zachována provozuschopnost. Na přání zastupitelstva i ze současného stavu okolí nádrže vyplývá, že je vhodné i přehodnotit účel nádrže. V minulosti nádrž sloužila k chovu ryb, ale svojí polohou, velikostí k tomu není vhodná. Proto se s ní nadále uvažuje jako s nádrží krajinnotvornou, či nádrží v obytné zástavbě. Ta má mimo jiné sloužit ke zlepšení ekologických funkcí a estetického účinku krajiny tomto případě i zástavby. Ovšem při spolupráci se zástupci obce se rozchází představy o provedení revitalizace, kdy návrhy zastupitelstva neměli přílišnou snahu o zapojení nádrže do přírodního ekosystému.

Všechny zvolená řešení mají některé body společné.

- Odstranění zemědělské techniky z koruny hráze a následně její rekultivace. V úvahu s plánovanou výstavbou rodinných domů v této části obce se nabízí na hrázi znovu obnovit dětské hřiště, které tu v minulosti bylo vybudováno.

- Odstranění pletivového plotu, kterým je nádrž z části oplocena. Plot již je v dezolátním stavu a výrazně narušuje vzhled nádrže.
- Odstranění náletové vegetace.
- Odtěžení sedimentu – předpokládá se v hloubce 20 a 40 cm, je nutné vyřešit likvidaci toho materiálu. Za zvážení stojí skládkování na parcele p.č.1166 jejíž vlastníkem je obec Níhov. Parcela je momentálně vedena jako trvalý travní porost a již se zde jednou odtěžený rybniční sediment ukládal, proto se nepředpokládá zhoršení vlastností pozemku. Je ovšem nutné, aby skládkování nepříznivě nezasáhlo biokoridor v údolní nivě potoku Halda.

Z aktuálního stavu nádrže lze vyvodit tři možné varianty řešení s různou náročností na provedení, finanční náklady i plánovací dokumentaci.

4.4.1 Řešení č. 1

Je řešením nejjednodušším, s minimalizací velkých stavebních prací a se snahou minimalizovat finanční náklady. Pod odborným vedením lze velkou část z oprav provést i svépomocí, což má vliv na celkové náklady revitalizace. Příkladem je například získání části stavebního materiálu brigádním sběrem kamení ve spolupráci s Níhovská, spol. s r.o. Vzhledem k faktu, že většina oprav bude v rámci údržby nádrže, bude nutné stavební povolení pouze na opěrnou zeď pro zpevnění stability pravého břehu nádrže. (Nutná konzultace s příslušným stavebním úřadem, tedy s Odborem stavebního úřadu města Tišnov.)

Toto řešení se zaměřuje na odstranění akutních stavebních nedostatků a na jakost vody v nádrži nemá výrazný vliv. Nadále tedy bude docházet k zanášení sedimentem a eutrofizaci nádrže. Problematické je i výrazné kolísání hladiny, kdy v nepříznivém počasí nastává i úplné vyschnutí nádrže a nárůst vegetace. Ta po opětovném zalití umírá, uhnívá a vytváří další vrstvu velmi úživného (bohatého na živiny) sedimentu, který ve svých důsledcích vede ke zvýšenému rozvoji řas, sinic.

Řešení zahrnuje:

- Zprůchodnění propustku pod komunikací u paty hráze.
 - Odstranění sedimentu
 - Ošetření nátoky a vyústění pohozelem z polního kamene
- Vybudování zděného vyústění odtokového potrubí spodní výpusti.
 - Opevnění dlažbou z polního kameniva tloušťky 200 mm zalitím spar cementovou maltou, velikost objektu 2 m x 2 m, ve sklonu svahu hráze, a opěrnou betonovou patkou šířky 500 mm
- Rekonstrukce a zprovoznění stávajícího monolitického požeráku.

- Nutnost důkladného vyhodnocení stavu po odčerpání vody a odstranění sedimentu.
 - Výroba nového poklopu a dlužových stěn.
- Vybudování zděné opěrné zdi z polního kamene do betonu.
 - Zděné opěrná zeď z polního kamene do betonu, výšky 2,25 m, délky 36 m, tloušťka dle statického výpočtu.
 - Osazení zábradlí splňujícího normou dané rozměry
- Ošetření přítoků do nádrže (vrchní propustek a vyústění dešťové kanalizace) pohozením z polního kameniva pro zabránění destabilizace břehů.

Stručné vyhodnocení:

- + Nízké finanční náklady
- + Nízká náročnost na plánovací dokumentaci
- + Lze provést i bez účasti stavebních firem

- Dlouhodobě problematicky udržitelný stav – zarůstání
- Stav kvality vody bez výrazných změn
- V budoucnu pravděpodobné další opravy – oddálení problému

4.4.2 Řešení č. 2

Toto řešení je zaměřeno na eliminaci provozních nákladů a usnadnění údržby nádrže. Obdobné provedení způsobu rekonstrukce nádrže již bylo jednou v obci zvoleno (u jiné MVN v katastrálním území obce) a momentálně probíhá jeho uskutečnění. Pozorováním této nádrže můžeme v budoucnu vyhodnotit její ohrožení eutrofizací, což by mohla být rozhodující okolnost, pro zvolení tohoto řešení. Je příhodné, že zdrojem vody jsou pozemky se stejným způsobem obhospodařování i stejnou hlavní půdní jednotkou, proto je nádrž vhodná pro empirické pozorování. Základním prvkem toho řešení je vybudování tzv. tvrdého opevnění břehů, které zajistí stabilitu, ochranu proti zarůstání, čímž výrazně sníží nároky na budoucí údržbu.

Ovšem v dnešní době je již známý záporný hydrologický, ekologický i estetický vliv těchto tvrdých typů opevnění. Příkladem může být zvyšování teploty vody v nádrži od nahřátého opevnění, výrazně snížená schopnost součinnosti hladiny podzemní vody v okolí s hladinou v nádrži, absence břehových úkrytů pro vyšší organismy (raci, ryby atd.) a další. Proto se v odborných i laických kruzích šíří snaha se těmto opevněním vyvarovat, případně je

nahrazovat opevněním vegetačním. Po provedení tohoto druhu opevnění bude nádrž nevhodná pro chov rybí osádky.

Dá se předpokládat, že voda z přitékající z intenzivně využívané zemědělské plochy bude bohatá na hnojiva přidávaných do půdy za účelem zvýšení výnosů. Nejčastěji je to dusík, fosfor, draslík. Ty jsou základním kamenem pro eutrofizaci nádrže a následně i růstu „vodního květu“. Tento proces je ještě urychlován vyšší teplotou vody a nezastíněnou hladinou.

V tomto řešení se uvažuje s použitím lomového kamene, který má výhodu ve stálosti vlastností, menší pracnosti při použití. Samozřejmostí je, že obstarání je bez nutnosti lidské pracovní síly (dovoz z lomu), za cenu vyšších nákladů.

Je pravděpodobné, že provedení výstavby bude svěřeno do rukou odborné firmy.

Řešení zahrnuje:

- Zprůchodnění propustku pod komunikací u paty hráze.
 - Odtěžení sedimentu
 - Opevnění odpadního koryta pohozením z lomového kamene
 - Opevnění vtoku a výtoku propustku zděnou štitovou stěnou lomového kamene do úrovně hrany komunikace.
- Vybudování zděného výtokového objektu spodní výpusti.
 - Opevnění dlažbou z lomového kameniva tloušťky 200 mm zalitím sparcementovou maltou, velikost objektu 2 m x 2 m, ve sklonu svahu hráze.
 - Vybudování kontrolní šachty v prostoru mezi vyústěním potrubí a propustku – pro usnadnění údržby a prodloužení provozuschopnosti.
- Osazení prefabrikovaného otevřeného dvojitého požeráku. Požerák bude osazena na základovou desku tloušťky 250 mm a velikosti šířka 1250 x délka 1250 mm, beton C20/25-XC3, Kari 6/6 oka 100/100 s krytím výztuže 40 mm. Do obvodu základové desky nutno osadit kotevní výztuž průměru 8 mm po 200 mm, která bude přesahovat do zmonolitnění nad základovou deskou. [20]
- Opevnění břehu
 - Opevnění dlažbou z lomového kameniva tloušťky 200 mm zalitím sparcementovou maltou, ve sklonu svahu břehů, a opěrnou betonovou patkou šířky 500 mm. Součástí bude i vybudování zděné opěrné zdi z lomového kamene do betonu, výšky 2,25m, délky 36m, tloušťka dle statického výpočtu, na pravém břehu pro zvýšení únosnosti. Nutnost opevnění odvodnit a dovybavit zábradlím.

- Vybudování zděného vtokového objektu v prostou horního propustku. Z důvodu zabránění podmáčení prostorů pod opevněním.

Je nutno říct, že tvrdé opevnění všech břehů nesplňuje podmínky revitalizační opatření na malých vodních nádržích, které musí vytvářet přírodně hodnotné ekosystémy a mají se přibližovat svým charakterem přirozeným biotopům. Proto tohle řešení nesplňuje podmínky zadání práce, ale je zde uvedeno z důvodu upřednostňování zástupci obce.

Stručné vyhodnocení:

- + Bez výrazné potřeby údržby a provozních nákladů
- + Stálost konstrukce
- Vyšší pořizovací náklady
- Stav kvality vody bez výrazných změn
- Záporný hydrologický vliv – nízká součinnost s podzemní vodou
- Záporný ekologický vliv – potlačení jakékoliv spojení s přírodou



Obrázek 4.13 Výstavba pevného opevnění v obci Níhov 1



Obrázek 4.14 Výstavba pevného opevnění v obci Níhov 2

4.4.3 Řešení č. 3

Cílem revitalizace nemusí být vždy pouze návrat k „přirozenému“ stavu, ale zajištění dostatečné diverzity nádrže se zastoupením všech potřebných biotopů. Cílem by pak mělo být dosažení co nejlepšího ekologického potenciálu, při co nejnížší finanční náročnosti. Proto je třeba při návrhu ponechat a využít všechny kladné prvky, které nádrž v současnosti má.

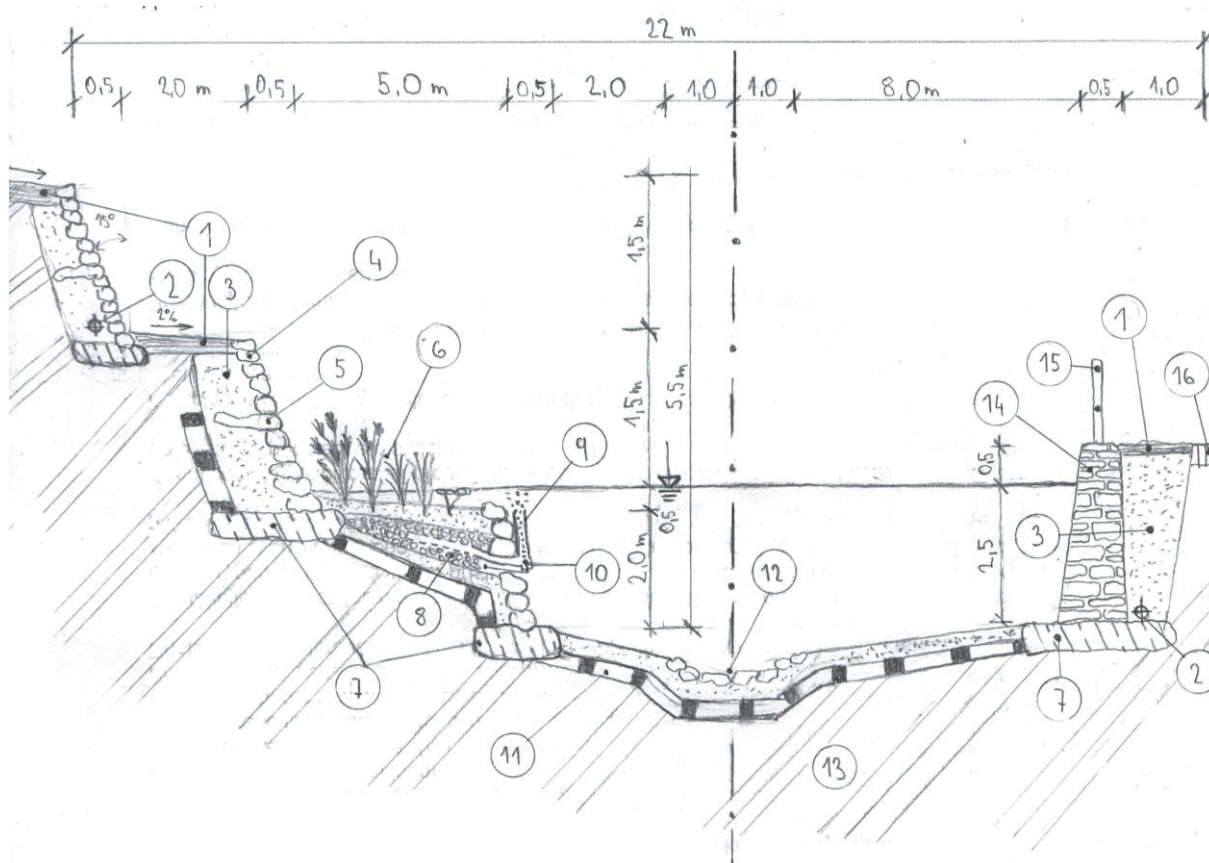
Novým hlavním účelem revitalizované malé vodní nádrže by mělo být zvyšování retenční schopnosti krajiny, zvýšení biodiverzity daného území vybudováním vodního biotopu a zlepšení pohledových vlastností oblasti. Prostředí, které vodní nádrž vytvoří, bude stanovištěm pro mnoho rostlin a živočichů spjatých s vodou.

V řešení číslo 3 je snaha v úpravě nádrže začlenit prvky inovací a složitějších řešení pro zlepšení jakosti vody i návaznosti do krajiny přírodním vzhledem. Ovšem tyto vylepšení mohou vznikat pouze na úkor vyšších provozních i pořizovacích nákladů.

Řešení má snahu o zlepšení jakosti vody při zachování přírodního vzhledu nádrže. A to přenosem ozkoušeného principu koupacích jezírek, které využívají přírodního čištění vodními rostlinami, na větší vodní plochy to ovšem bez nutnosti užití izolačních folií a čerpadel. Základní myšlenka fungování těchto vodních ploch je rozdělení na dvě části. První užitkovou, v případě koupacích jezírek koupací, která by měla dosahovat hloubky alespoň 2 m. Ta je stavebně oddělena od části druhé, které je zónou regenerační. Čistící část, má dno vyplněné filtračním materiálem (kačírek), do kterého jsou zasázeny rostliny. Hloubka tohoto litorálního pásma by měla být přibližně 0,4 m se sklonem 1:4 až 1:6. Poměr plochy mezi částí s volnou hladinou a zónou regenerační by měl být ideálně v poměr 1:1, nebo větším. Pro dosažení co nejlepší kvality a čistoty vody je vhodné zvýšení hladiny, hloubky v nádrži. Toho ovšem jde docílit pouze navýšením hráze o přibližně 0,75 m a to je, jak upozorňuje norma ČSN 75 2410 velmi náročným úkonem, kdy se staré těleso hráze stává součástí nové. Musí být dodrženy všechny zásady platné pro nově budované hráze a musí být zabezpečeno kvalitní zavázání nové části hráze na hráz starou.

Povrchová voda obsahuje živiny, které jsou jedním ze základních kamenů pro vznik eutrofních vod a následně i vodního květu. Tyto živiny se do vod dostávají z hnojiv užívaných zemědělstvím, odumírajících zbytků rostlin a dalším znečištěním. Logickým řešením této situace je řízeným růstem vegetace (vodních a pobřežních rostlin) tyto živiny z vodního prostředí odebírat. Pokud vegetace bude z vody odebírat živiny pro svůj růst, zabrání tím trofii vody a ve výsledku i růstu „vodního květu“. Tyto procesy výrazně podpoří, pokud ve vodě bude dostatečné množství kyslíku a nebude docházet k stratifikaci tím pádem i přehřívání vrchních vrstev nádrže. V tomto návrhu toho chceme docílit systémem aerace, který bude nádrž nejenom dodatečně okysličovat, ale i podporovat proudění v nádrži. Vzniklý pohyb bude sloužit k omezení stratifikace, neboli teplotního rozvrstvení, ale umožňovat i filtraci vody přes kačírek v regenerační části.

Řešení nádrže vychází z principů, jejichž autorem je David Pagan Butler, který se zabývá návrhy a provedením, vzduchem provzdušňovaných přírodních koupacích jezírek. [26]



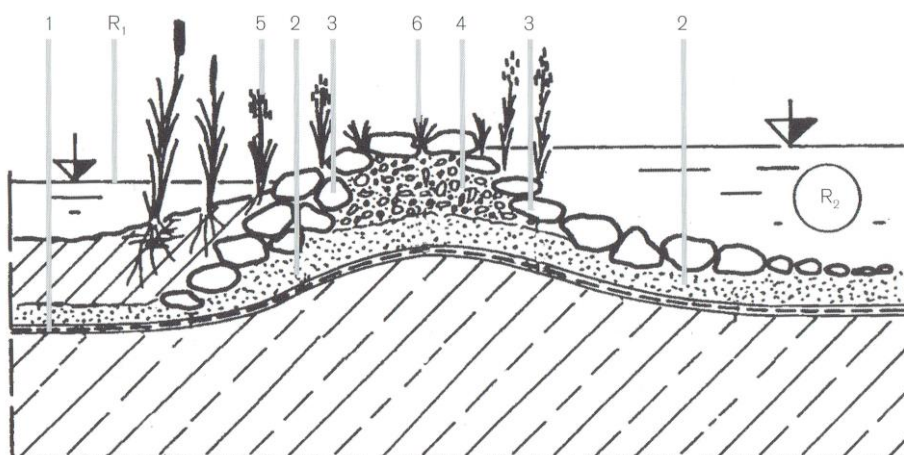
1. Ohumusování, setí travním semenem tl. 15 cm
2. Odvodnění svahu
3. Zásyp kamenivem frakce 0 – 32 mm
4. Kaskády zídek ze skládaného loupaného lomového kamene
5. Vazák – kámen zavazující zídku do terénu pro zvýšení stability
6. Vodní vegetace
7. Betonová základová patka
8. Hrubé kamenivo frakce 32 – 64 mm
9. PVC potrubí usměrňující provzdušněný proud vody

10. Aerátor s přívodem vzduchu
11. Utužená těsnění ze směsi původní zeminy a bentonitu
12. Filtr sloužící k ochraně těsnění, kamenivo fr. 4 – 32 mm
13. Původní zemina
14. Opěrná zděná zeď
15. Zábradlí

Řešení zahrnuje:

- Zprůchodnění propustku pod komunikací u paty hráze.
 - Odtěžení sedimentu
 - Opevnění odpadního koryta pohozením z lomového kamene
 - Opevnění vtoku a výtoku propustku zděnou štitovou stěnou lomového kamene do úrovně hrany komunikace.
- Vybudování zděného výtokového objektu spodní výpusti.
 - Opevnění dlažbou z lomového kameniva tloušťky 200 mm zalitím sparcementovou maltou, velikost objektu 2 m x 2 m, ve sklonu svahu hráze.
 - Vybudování kontrolní šachty v prostoru mezi vyústěním potrubí a propustku – pro usnadnění údržby a prodloužení provozuschopnosti.
- Osazení prefabrikovaného otevřeného dvojitého požeráku. Požerák bude osazena na základovou desku tloušťky 250 mm a velikosti šířka 1250 x délka 1250 mm, beton C20/25-*XC3*, Kari 6/6 oka 100/100 s krytím výztuže 40 mm. Do obvodu základové desky nutno osadit kotevní výztuž průměru 8 mm po 200 mm, která bude přesahovat do zmonolitnění nad základovou deskou. [20]
- Navýšení hráze – pro dosažení vyšší hladiny v nádrži, při zachování vhodných postupů a dodatečné zlepšení vlastností materiálu (vápnění, promíchání s hrubozrnnou zeminou) možnost uložení sedimentu ze zátopy.
- Rekonstrukce v prostoru nádrže
 - Odtěžení sedimentu.
 - Uložení betonitového těsnění. (Vmíchání bentonitu do stávajícího materiálu a utužení)
 - Uložení šterkové vrstvy pro ochranu těsnění.
 - Výstavba kaskády zídek ze skládaného loupavého lomového kamene.
 - Rozvedení potrubí pro aeraci.

- Rozvedení potrubí umožňující proudění vody.
 - Založení filtračního lože v regenerační části.
 - Výsadba vhodných vodomilných rostlin. (Nutné min. 1 x ročně sklídit)
 - Zapojení kompresoru na solární pohon.
 - Součástí bude i vybudování zděné opěrné zdi z lomového kamene do betonu, výšky 3,0 m, délky 36 m, tloušťka dle statického výpočtu, na levém břehu pro zvýšení únosnosti od zatížení vytvářených komunikací.
- Vybudování zděného vtokového i výtokového objektu v prostou horního propustku.
 - Vybudování průčné hrázky v horní části nádrže.
 - Vybudování šachty a zaústění dešťové kanalizace do horní sedimentační části tak, aby splachem z vozovky nebyla zanášena nádrž.



▲ Obrázek 20 ▲ Schéma uspořádání propustné části hrázky mezi dvěma biologickými nádržemi R_1 a R_2
1 – těsnicí membrána, 2 – pískový zásyp, 3 – lomový kámen (krystalický vápenec aj.), 4 – štěrkový filtr, 5 – mokřadní vegetace, 6 – koruna hrázky

Obrázek 4.16 Ukázka průčné hrázky [27]

Stručné vyhodnocení:

- + Snaha o zlepšení jakosti vody
- + Zohlednění enviromentálního a ekologického dopadu revitalizace
- + Snaha o zlepšení hydrologického, ekologického i estetického vlivu
- Vyšší pořizovací náklady
- Nejistá úspěšnost řešení
- Potřeba údržby a provozních nákladů

5 ZÁVĚR

Vodní plochy jsou významný prvek v přírodě a výrazně mění ráz krajiny. S tímto faktem jsou dobře obeznámeni i zastupitelé obce Níhov, kteří v budoucnu plánují opravu nádrže, která se nachází v západní části obce, zvané Dolina. Byl jsem dotázán, jako student oboru Vodního hospodářství a vodních staveb, na můj názor na provedení této revitalizace a ten se výrazně rozcházel s jejich představami. Toto neporozumění mě přivedlo na myšlenku se studií návrhu zabývat podrobněji v bakalářské práci. Před samotnou praktickou částí jsem se snažil dostudovat vlivy, okolnosti, činnosti, které v nádržích probíhají a které mohou mít na návrh vliv.

Tento teoretický základ jsem se také pokusil shrnout pomocí rešerše v první části práce. Po základním slovu o historii a rozdělení, jsem se zaměřil na vyhodnocení základních vad a překážek, které ovlivňují současný, nepříliš uspokojivý stav MVN v České Republice. Bohužel, je tento stav z velké části ovlivněn finančními prostředky, projevující se například erozí zemědělských ploch, kde jsou v obrovských výměrách zasety plodiny s vysokým ekonomickým užitkem, či jsou přesyceny umělými hnojivy pro co nejvyšší výnosy. Na opačné straně stojí opomíjená údržba MVN, která ve výsledku vede k jejich špatnému stavu.

Pro revitalizovanou nádrž jsem se pokusil nastínit tři ideové řešení, kterými by momentální stav nádrže mohl být řešen. Je ovšem nutno zmínit, že studie má pouze sloužit jako podklad k rozhodnutí o tom, jakým směrem se při revitalizaci zaměřit. Pro přesnější projektovou dokumentaci je nutné provést geodetické zaměření a průzkumné vrty ke zjištění přesných údajů. Při volbě typových řešení 1. a 2. jsem vycházel z myšlenek a nápadů od zástupců obce. V řešení č.3 jsem se pokusil vyjádřit moji představu o budoucí podobě nádrže. U každého řešení jsem se pokusil nastínit stavební úpravy pro jednodušší představu o jej podobě a v závěru stručně vyjádřit jejich pozitiva a negativa.

Pro návrh nádrže je velmi důležité pochopit jevy, ať už fyzikálního, chemického, či biologického původu, protože se následně uplatňují v důležité funkci vodních ploch, a to v zlepšování jakosti vod. Je samozřejmostí, že každý vlastník okrasné nádrže chce mít vodu co nejčistější, proto je vhodné skladbu a konstrukci nádrže tomu uzpůsobit a schopnosti samočištění co nejvíce zefektivnit.

Velké množství nádrží je v současné době ohroženo sedimentem vznikajícím erozí zemědělských pozemků, která vzniká nevhodným způsobem obhospodařování, volbou plodin, kompozicí pozemků. Podle výpočtu však na povodí vyšetřované nádrže nedochází k výraznému povrchovému odtoku, a proto i přes velmi špatné výsledky z rovnice USLE není nádrž přímo ohrožena sedimentem vznikajícím erozí na polích, ale i nadále je nutné kalkulovat se splachem umělých hnojiv na polích užívaných. Sedimenty, ale mohou být také přinášeny dešťovou kanalizací, která je do nádrže zaústěna, proto bylo při návrhu 3. řešení s těmito splachy počítáno a byla navržena sedimentační část oddělena od hlavní zátopy

průceznou hrázkou tak, aby se sedimenty měly čas usadit v sedimentační části a díky této koncentraci bylo jejich následné odstranění výrazně jednodušší.

K řešení č. 1 bude pravděpodobně přikloněno v případě, že se nepovede dosáhnout na jeden z dotačních titulů vypisovaných krajem, či některým z ministerstev. V tomto řešení je totiž snaha vyřešit aktuálně nejvýznamnější problémy s co nejmenší finanční náročností. Je uvažováno s podílem práce svépomocí a omezení stavebních úprav na co nejmenší nezbytné množství.

Řešení č. 2 je upřednostňované vedením obce. Důkazem tomu je i fakt, že stavba obdoby řešení už probíhá v jiné části obce. Zajímavostí je, že je rekonstrukce zařazena do programu „Podpory boje proti suchu a na zadržení vody v krajině na území Jihomoravského kraje v roce 2017“ přitom však do nádrže není zaústěn žádný povrchový odtok a součinnosti s okolím je zabráněno téměř nepropustným pevným opevněním, to téměř zabraňuje jakékoliv retenci či infiltraci vody. Čímž také poukazují na pro mě největší nevýhodu toho řešení, a tou je nulová návaznost na lokální ekosystém. Opakem tomu ale je, že v dnešní době velkého nedostatku pracovních sil, tato nádrž nepotřebuje téměř žádnou údržbu, což je pro vedení obce velmi ceněná vlastnost.

Řešení č. 3 je svým provedením revitalizaci nejbližší. Je navrženo se snahou co nejvíce uzpůsobit podmínky v nádrži tak, aby procesem samočištění bylo docíleno co nejvyšší čistoty vody. Toho by mělo být docíleno vytvořením filtračního pole s vodní vegetací. Vegetace svým růstem odbírá živiny z vodního prostoru a tím nepřímou zabraňuje rozvoji eutrofizace. Tento proces je v návrhu podpořen aeračním přístrojem, který nejenom dodává kyslík potřebný k aerobním čistícím procesům, ale umožňuje i filtraci vody přes kačírkové filtrační pole v regenerační části. Čistící procesy jsou podpořeny i vytvořením sedimentační části, kde látky suspendované ve vodě, která bude pozdržená průceznou hrázkou budou mít dostatečný čas k sedimentaci, takže nebude docházet k zanášení nádrže.

Je možné, že konečné řešení revitalizace bude kombinací všech tří navržených řešení. Je však nutné rozvinout veřejnou debatu k nalezení nejvhodnější řešení, jak provedení rekonstrukce, tak přijatelností pro obyvatele obce. Jedině tak může nádrž být plnohodnotnou a ceněnou součástí obce a plnit tak všechny své funkce.

Řešením navrhované nádrže se hodlám dále aktivně zabývat, velice rád bych se ve svojí diplomové práci věnoval vypracování projektové dokumentace.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ŠÁLEK, J., MIKA, Z., TRESOVÁ, A. *Rybníky a účelové nádrže*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989, 9 s. ISBN 80-030-0092-0
- [2] ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha. 2011. 5 s.
- [3] *Rybníky a účelové nádrže*: Modul 01. Brno, 2007. Studijní opory. VUT v Brně. Vedoucí práce Petr Doležal.
- [4] TLAPÁK, Václav, HERYNEK, Jaroslav. *Malé vodní nádrže*. MZLU Brno. 1. Vyd. 198 s. 2002. ISBN 80-7157-635-2
- [5] MAREŠ, Jan, HOCHMAN, Ladislav, SUCHÝ, Jaroslav. *Rybníkářství: učební text pro střední rybářskou technickou školu a zemědělské odborné učiliště oboru rybář*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1970, 387 s.
- [6] ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha. 2011. 6 s.
- [7] ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha. 2011. 34 s.
- [8] *Česká geologická služba*: Geologická mapa 1:50 000 [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z:
http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50zj&y=622008&x=1141720&s=1
- [9] *Česká geologická služba*: Vrtná prozkoumanost [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.geofond.cz/wasgiv/sdetailinfo.aspx?rs=GF%20P149437>
- [10] *Český statistický úřad*: *Počet obyvatel v obcích k 1.1.2017*. Praha. 28. dubna 2017. Dostupné online. [cit. 2017-05-04]
- [11] JANEČEK A KOL., Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika* [online]. Praha, 2012 [cit. 2018-04-03]. Dostupné z:
http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/YPEO/Metodika_PEO_novelizace%20upravene%2025_1_2012.pdf. Metodika. FŽP ČZU Praha. Vedoucí práce Prof. Ing. Miloslava Janečka, DrSc.
- [12] Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta za období 1961-2000 = Climatic regions of the Czech Republic : Quitt's classification during years 1961-2000. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2011. M.A.P.S. (Maps and Atlas Product Series). ISBN 978-80-244-2813-0.
- [13] KŘIVÁNEK, Jiří, Jan NĚMEC a Jan KOPP. *Rybníky v České republice*. České Těšín: Jan Němec - Consult, 2012. ISBN 978-80-903482-9-5.

- [14] VRÁNA, Karel a Jan BERAN. Rybníky a účelové nádrže. Vyd. 3. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 9788001040027.
- [15] TLAPÁK, Václav, HERYNEK, Jaroslav. Malé vodní nádrže. MZLU Brno. 1. Vyd. 198s. 2002. ISBN 80-7157-635-2
- [16] HLAVÍNEK, Petr a Jaromír ŘÍHA. Jakost vody v povodí. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2815-5.
- [17] ŠÁLEK, Jan. Malé vodní nádrže v životním prostředí. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. Phare. ISBN 80-7078-370-2.
- [18] ŠÁLEK, Jan. Rybníky a účelové nádrže. Brno: VUTIUM, 2001. ISBN 80-214-1806-0.
- [19] NETOPIL, R., BRÁZDIL, R., DEMEK, J. 1984. Fyzická geografie. D. 1. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1984. 272 s.
- [20] MÁTL, Milan. PREFABRIKOVANÉ POŽERÁKY DO RYBNÍKŮ: Technická zpráva – technologie osazení. Rieder Beton, spol. s r.o. [online]. Jihlava: Rieder Beton, spol. s r.o., 2018 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.rieder.cz/ke-stazeni/montazni-pokyny/vypusti-rybniku-pozeraky-technologie-osazeni.pdf>
- [21] ŠÁLEK, Jan a Václav TLAPÁK. Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2006. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86769-74-7.
- [22] MÜLLER, M., KAŠPAR, M., and BLIŽŇÁK, V. Analysis of rainfall time structures on a scale of hours. 2017. Manuscript submitted for publication in Atmos. Res., under review.
- [23] KAVKA, Petr; Miloslav MÜLLER. a kol. Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině: Metodika [online]. Graficky neupravená verze. ČVUT v Praze, 2017 [cit. 2018-05-20]. ISBN 978-80-01-06363-7. Dostupné z: http://rain.fsv.cvut.cz/data/files/17_1_Metodika_jpg.pdf
- [24] VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE: WATER MANAGEMENT TECHNICAL AND ECONOMICAL INFORMATION [online]. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce, 2018, 60(1) [cit. 2018-05-20]. ISSN 1805-6555. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2018/02/5844-VTEI-1-18.pdf>
- [25] KINKOR, Jaroslav. TNV 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních: Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k

posuzování bezpečnosti přehrad za povodní [online]. Praha [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: krizport.firebrno.cz/file/152_1_1/

- [26] BUTLER, David. Organic pools: DIY manual. Organic pools: Bubble flow natural pools [online]. United Kingdom, 2013, 2013 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://organicpools.co.uk/DIY%20Natural%20Pool%20Manual%20free%20version.pdf>
- [27] ŠÁLEK, Jan, Zdeňka ŽÁKOVÁ a Petr HRNČÍŘ. Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech. Brno: ERA, 2008. 21. století. ISBN 978-80-7366-125-0.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 3.1 Rozdělení malých vodních nádrží z hlediska funkčního (ČSN 75 2410).....	7
Tabulka 3.2 Nejčastější závady u malých vodních nádrží	11
Tabulka 3.3 Přehled revitalizačních opatření na MVN a jejich účinky podle ČSN 75 2410.	14
Tabulka 3.4 Stanovení trofie nádrží	22
Tabulka 3.5 Průměrné hodnoty C faktoru pro jednotlivé plodiny	26
Tabulka 3.6 Hodnoty faktoru protierozních opatření P	27
Tabulka 3.7 Opravné součinitele pro stanovení výparu ze zarostlé vodní plochy [14]	29
Tabulka 4.1 Quittova klasifikace klimatické oblasti MT4 [12].....	35
Tabulka 4.2 Charakteristiky z Podnebí ČSSR - tabulky (1961) pro stanici Velké Meziříčí...	36
Tabulka 4.3. Informace o nejbližším průzkumném vrtu z portálu České geologické služby [9]	37
Tabulka 4.4 Hodnoty návrhových srážek z portálu rain.fsv.cvut.cz.....	40
Tabulka 4.5 Vyhodnocení ztráty půdy vodní erozí.....	43
Tabulka 4.6 Rozdělení hodnoty ročního výparu procentuálně na jednotlivé měsíce	44
Tabulka 4.7 Velikost ročního výparu po započtení evapotranspirace	45

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 3.1 Rozdělení nádrží dle polohy k toku a) nádrž průtočná b) nádrž průtočná s obtokovým kanálem c) nádrž neprůtočná [14]	9
Obrázek 3.2 Teplotní stratifikace [19]	15
Obrázek 3.3 Zjednodušené schéma průběhu čistících procesů, probíhajících ve vodním prostředí mělké MVN [17].....	16
Obrázek 3.4 Teplotní procesy v nádrži v průběhu roku	17
Obrázek 3.5 Čistící procesy v malé vodní nádrži	19
Obrázek 3.6 Upravené průměrné hodnoty R-faktoru v MJ.ha ⁻¹ .cm.h ⁻¹ na území ČR [11]	25
Obrázek 3.7 Orientační hodnoty výparu z vodní hladiny podle ČSN 75 2410 [6].....	29
Obrázek 4.1 Přehledná situace (zdroj: ikatastr.cz).....	32
Obrázek 4.2. Fotografie s typem zeminy nacházející se v zájmové lokalitě.....	37
Obrázek 4.3 Geologická mapa 1:50 000 s legendou [8]	38
Obrázek 4.4 Zvolená výpočtová linie odtoku L ₁	42
Obrázek 4.5 Určení orientační hodnoty výparu z volné hladiny	45
Obrázek 4.6. Situace nádrže - fotografie z portálu mapy.cz.....	46
Obrázek 4.7 Výtok horního propustku.....	47
Obrázek 4.8 Stav nádrže – Podzim 2017.....	48
Obrázek 4.9 Stav nádrže – Jaro 2018.....	48
Obrázek 4.10 Výtokový objekt spodní výpusti	49
Obrázek 4.11 Vyústění spodního propustku.....	49
Obrázek 4.12 Odpadní koryto spodní výpusti	50
Obrázek 4.13 Výstavba pevného opevnění v obci Níhov 1	55
Obrázek 4.14 Výstavba pevného opevnění v obci Níhov 2	55
Obrázek 4.15 Příčný řez návrhu řešení č. 3	57
Obrázek 4.16 Ukázka průcezné hrázky [27].....	59

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

MVN.....malá vodní nádrž

V..... objem [m^3]

v..... rychlost proudění [m.s^{-1}]

Q..... průtok [$\text{m}^3.\text{s}^{-1}$]

m n.m.....metrů nad mořem (Balt po vyrovnání)

PVC..... polyvinylchlorid

DN..... jmenovitý vnitřní průměr potrubí = světlost potrubí